



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

“Elaboración de procedimientos de soldadura (WPS) en aceros aleados aplicables al Proyecto Modernización de la Refinería de Talara”

INFORME DE EXPERIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico

AUTOR

Yeremi Angel CALDERÓN HUICHO

Lima, Perú

2020



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Calderón, Y. (2020). *Elaboración de procedimientos de soldadura (WPS) en aceros aleados aplicables al Proyecto Modernización de la Refinería de Talara*. Informe de Experiencia Profesional para optar el título profesional de Ingeniero Metalúrgico. Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Hoja de metadatos complementarios

Código ORCID del autor (dato opcional):

Código ORCID del asesor o asesores (dato obligatorio):

DNI del autor:

46425295.

Grupo de investigación:

Institución que financia parcial o totalmente la investigación:

Autofinanciado.

Ubicación geográfica donde se desarrolló la investigación. Debe incluir localidades y/o coordenadas geográficas:

Pariñas, Talara, Piura, Perú.

Año o rango de años que la investigación abarcó:

Octubre del 2018 / marzo 2019.



Universidad Nacional Mayor De San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica
Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

"Año de la Universalización de la Salud"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME POR EXPERIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO METALÚRGICO

En el Salón de Grados de la Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica de la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, se reunieron el día martes 03 de marzo 2020, siendo las 18:00 horas en presencia de los señores docentes designados como miembros del Jurado Calificador:

- Ing. MANUEL LEONARDO CABRERA SANDOVAL	Presidente
- Ing. JORGE LUIS VENTOSILLA SHAW	Miembro
- Dra. JULIA MARILÚ CALDERÓN DE ALVARADO	Miembro

Reunidos para el acto académico Público de Colación del Informe por Experiencia Profesional de don: YEREMI ANGEL CALDERON HUICHO, Bachiller en Ingeniería Metalúrgica, quien sustentará el Informe titulado "ELABORACIÓN DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS) EN ACEROS ALEADOS APLICABLES AL PROYECTO MODERNIZACIÓN DE LA REFINERÍA DE TALARA", para la obtención del Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico.

Los miembros del Jurado escuchada la colación respectiva, plantearon al graduando las observaciones pertinentes, que fueron absueltas a:

satisfacción

El Jurado procedió a la calificación, cuyo resultado fue:

Dieciséis (16)

Habiendo sido aprobada la Sustentación del Informe por el Jurado examinador, el Presidente del Jurado, recomienda que la Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, proponga se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Metalúrgico a don YEREMI ANGEL CALDERON HUICHO.

Siendo las *18:45* horas se dio por concluido el acto académico, expidiéndose cinco (05) Actas Originales de la sustentación del Informe.

Ciudad Universitaria, 03 de marzo 2020

[Firma]
Ing. MANUEL LEONARDO CABRERA SANDOVAL
Presidente

[Firma]
Dra. JULIA MARILÚ CALDERÓN DE ALVARADO
Miembro

[Firma]
Ing. JORGE LUIS VENTOSILLA SHAW
Miembro

[Firma]
Mg. Sósimo Isidoro Fernández Salinas
Director

Escuela Profesional de Ingeniería Metalúrgica

Colección C

DEDICATORIA

Por sobre todas las cosas dedico este presente informe a mi hija Luhana Calderon, porque cada sonrisa de ella es un motivo más para seguir avanzando como profesional. A mi madre Alicia por ser el pilar más importante y mi fortaleza; quien a lo largo de mi vida apoyo y motivo mi formación académica.

INDICE

DEDICATORIA.....	2
INDICE.....	3
LISTADO DE TABLAS.....	6
LISTADO DE ILUSTRACIONES.....	7
RESUMEN.....	9
NOMENCLATURA.....	10
CAPITULO I.....	11
INTRODUCCION.....	11
1.1 Antecedentes Referenciales.....	11
1.2 Objetivos Generales.....	12
1.3 Objetivos Específicos.....	13
CAPITULO II.....	14
PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GTAW.....	14
2.1 Proceso SMAW (MANUAL METAL ARC WELDING).....	14
Usos y Ventajas	16
2.2 Proceso GTAW (GAS TUNGSTEN ARC WELDING).....	19
Ventajas	19
Desventajas	20
Electrodo de tungsteno.....	20
Argón	20
Helio.....	20
CAPITULO III.....	22
PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DEL WPS.....	22
3.1 Calificación de Procedimiento de Soldadura ASME Sección IX.....	22

3.2	Desarrollo de Proceso	23
3.3	Identificación De Variables Esenciales Para Proceso SMAW y GTAW según la norma ASME BPVC Sección IX	25
	Modelo de junta según ASME BPVC IX QW-402.	28
	Metal base ASME BPVC Sección IX QW-403.....	29
	Metal de aporte ASME IX.....	39
	Precalentamiento ASME BPVC Sección IX QW-406.	46
	Tratamiento Térmico PWHT ASME BPVC Sección IX QW-407.....	48
	CAPITULO IV.....	51
	DIAGNOSTICO DE UNIONES SOLDADAS MEDIANTE END CONVENCIONALES..	51
4.1	Ventajas de la Utilización de los Ensayos No Destructivos	52
4.1.1	Aumento de la productividad:	52
4.1.2	Aumento en la eficiencia:.....	50
4.1.3	Seguridad.....	52
4.2	Tipos de ensayos no destructivos.	52
4.2.1	Selección del método adecuado:	53
	Método de Ultrasonido Convencional	53
	Método de Radiografía Industrial.	55
	CAPITULO V.....	58
	ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	58
5.1	Análisis de Resultados de Soldadura.....	58

5.1.1 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero Aleado Cromo Molibdeno ASTM A-335 Gr. P11.....	61
Propiedades Mecánicas del Depósito de Soldadura:	60
Ensayos Mecánicos.....	60
5.1.2 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero Inoxidable ASTM A-312 TP 316.	61
5.1.3 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero al Carbono ASTM A53 Gr.B.	63
CONCLUSIONES	66
BIBLIOGRAFIA.....	67
ANEXOS	69

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1 Procedimientos Específicos de soldadura (WPS) Generados para el Proyecto PMRT	24
Tabla 2 Mechanical elements for ASTM A335 P11	30
Tabla 3 Mechanical properties for ASTM A335 P11	30
Tabla 4 Chemical Requirements	31
Tabla 5 Mechanical Properties	32
Tabla 6 Composición química acero A53	33
Tabla 7 Propiedades mecánicas acero A53	33
Tabla 8 Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P4-P4/01	58
Tabla 9 PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)	58
Tabla 10 PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)	58
Tabla 11 Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P8-P8/01	60
Tabla 12 PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)	60
Tabla 13 PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)	62
Tabla 14 Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P1 – P1/01	63
Tabla 15 PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)	64
Tabla 16 PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)	64
Tabla 17 Rendimiento del Material depositado por proceso de soldadura	65

LISTADO DE ILUSTRACIONES

Figura 1. Esquema de equipos y tuberías de la refinería de Talara (Fuente: Elaboración propia).....	13
Figura 2. Disposición de los elementos básicos para soldadura SMAW (Fuente: Soldadura Aplicaciones y Práctica).....	15
Figura 3. Representación esquemática de la soldadura SMAW (Fuente: Welding Handbook).....	16
Figura 4. Ejecución de soldadura con proceso SMAW (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.).....	18
Figura 5. Ejecución de soldadura con proceso GTAW (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.).....	21
Figura 6. Detalles para elaboración de WPS - GTAW (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	26
Figura 7. Detalles para elaboración de WPS - SMAW (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	27
Figura 8. Diseño y preparación de junta aceptable de espesores similares (Fuente: Código: Process Piping - ASME B31.3 Edición 2016).....	28
Figura 9. Diseño y preparación de junta aceptable para diferentes espesores (Fuente: Código: Process Piping - ASME B31.3 Edición 2016).....	29
Figura 10. Cantidad de probetas a ensayar mediante tensión y doblado (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	34
Figura 11. En la figura QW-462.1 (b) de la norma específica el modelo de probeta para el ensayo de tracción (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	35
Figura 12. Resultado de probetas sometidas al ensayo de tracción (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.)	36
Figura 13. En la figura QW-462.2 según el código indica el doblado de cara y de raíz (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	37
Figura 14. Espécimen para prueba de doblado (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)	38
Figura 15. Especímenes sometidos a ensayo de doblado (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.)	39
Figura 16. Proceso de soldadura GTAW – Metal de aporte ER306L (Fuente: Soldexa)	42
Figura 17. Características y usos de varilla para soldar aceros de baja aleación con proceso TIG (Fuente: Indura).....	43
Figura 18. Proceso de soldadura SMAW – Electrodo E8018-B2 (Fuente: Soldexa)....	44
Figura 19. Características y usos de varilla para soldar TIG de aceros al carbono (Fuente: Indura)	43
Figura 20. Aplicación de precalentamiento mediante resistencia eléctrica (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)	47
Figura 21. Aplicación de precalentamiento mediante soplete a gas (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)	47
Figura 22. Tratamiento térmico post soldadura mediante resistencias eléctricas. (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.).....	50

Figura 23. Ensayo de ultrasonido (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)	55
Figura 24. Simulacro de toma de películas radiográficas mediante Rayos Gamma (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.).....	57

RESUMEN

El presente informe de “Elaboración de procedimientos de soldadura (WPS) en aceros aleados aplicables al Proyecto Modernización de la Refinería de Talara” se desarrolla completamente en el Proyecto MODERNIZACION DE LA REFINERIA DE TALARA. En el proceso de soldadura de tuberías para transportar líquidos y gases que son esenciales para el proceso de la refinería. El código ASME B31.3 (Process Piping) tiene requerimientos referidos a Materiales usados, Fabricación e Instalación, Inspección y pruebas en soldaduras de acero al carbono y baja aleación, usadas en la industria de las tuberías de procesos teniendo como objetivo desarrollar la normatividad técnica, elaborar y calificar los procedimientos específicos de soldadura (WPS) soportados con una calificación (PQR) bajo los requerimientos de ASME B31.3 (Process Piping); garantizando así una soldadura de alta calidad.

En la parte experimental se analiza los ensayos mecánicos obtenidos por cada procedimiento de soldadura y ejecutados de acuerdo al código ASME Sección IX, concluyendo así que el código aplicado y los detalles de soldadura son favorecidos para su posterior uso en las industrias metalmeccánicas siendo afines a la tecnología de soldadura, obteniendo así un producto terminado con óptima calidad debido a las altas exigencias aplicadas; siendo estos los puntos elementales que se rige en las buenas prácticas de la soldadura.

NOMENCLATURA

ASM	American Society for Metals.
ASTM	American Society of Testing Materials.
ASME	American Society of Mechanical Engineers.
GTAW	Gas Tungsten Arc Welding.
SMAW	Shield Metal Arc Welding.
ZAC	Zona afectada por el calor.
WPS	Welding Procedure Specification.
WPQ	Welding Performance Qualification.
PWHT	Post Welding Heat Treatment.
END	Ensayos No Destructivos.
IV	Ensayos No Destructivo método de Inspección Visual.
RT	Ensayos No Destructivo método de Radiografía.
UT	Ensayos No Destructivo método de ultrasonido.
ASME B31.3	Tuberías de Proceso (Process Piping) Edición 2016.
ASME BPVC IX	ASME Boiler and Pressure Vessel Code an International Code- Section IX – Welding, Brazing, and Fusing Qualification.
ASTM A-312 TP 316	Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes.
ASTM A-335 Gr. P11	Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service.
ASTM 304 / A304M	Standard Specification for Carbon and Alloy Steel Bars Subject to End-Quench Hardenability Requirements.

CAPITULO I

INTRODUCCION

De acuerdo a la variedad de aceros aleados ASTM 335, ASTM 304, y ASTM 106, que intervienen en el proceso de montaje y soldeo de tuberías en el proyecto, se requiere generar procedimientos de soldadura específicos calificados por cada aleación a fin de obtener según la norma aplicada soldaduras de fabricación optimas que cumplan los requisitos de calidad mencionados en el código ASME B31.3 y teniendo en cuenta cada una de las variables esenciales del código ASME BPVC IX. Una vez conocido el desarrollo metalúrgico de la soldadura, las características físico-químicas del espécimen soldado y del proceso de soldadura empleado, el cual está directamente relacionado a la intensidad del arco, si dicho factor no es regulado apropiadamente este va provocar una disminución en la velocidades de enfriamiento, inadecuado precalentamiento del metal base, etc. es ahí donde nace la necesidad de realizar el presente informe denominado: “ELABORACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDADURA (WPS) EN ACEROS ALEADOS APLICABLES AL PROYECTO MODERNIZACION DE LA REFINERIA DE TALARA”

1.1 Antecedentes Referenciales

Existen muchos trabajos previos tal como la Tesis titulada “Evaluación del procedimiento de soldadura de la unión disímil entre aceros API 5LX70 PSL1 Y ASTM A707 L5F65” de la Universidad Católica del Perú – 2015 tomando así antecedentes que constituyen fuentes primarias y aportan datos a este informe de soldadura en aceros aleados.

Para la construcción de la refinería se hace uso de diferentes materiales especiales como el ASTM A335 “Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service”.

Libro de Referencia: Modern Welding Technology,

Author: Howard B. Carey & Scott C. Helzer Sixth Edition-2014.

Del libro de referencia se deduce la siguiente conclusión: recomienda seleccionar un proceso de soldadura para estos aceros especiales prestando especial atención a los aceros al cromo Molibdeno que son templables al aire y resistentes a la corrosión, estos aceros deben precalentarse en 300°F y 400°F para evitar agrietamiento debido a la tendencia de templarse al aire, este precalentamiento debe mantenerse durante toda la soldadura; es por ello que es necesario emplear el metal de aporte y el método de soldadura apropiado reduciendo el fenómeno de agrietamiento que es ocasionado por el aumento de calor en la zona a unir contemplando niveles medios o moderados de energía aportada, sugiriendo los métodos de soldadura por arco con gas de protección teniendo como al principal proceso el de GTAW “GAS TUNGSTEN ARC WELDING”.

1.2 Objetivos Generales.

Elaborar los procedimientos de soldadura (WPS) en aceros aleados aplicables al proyecto Modernización de la Refinería de Talara.

1.3 Objetivos Específicos.

1. Aplicar ASME B31.3 – Process Piping.
2. Aplicar ASME BPVC Section IX - Welding, Brazing, and Fusing Qualifications



Figura 1. Esquema de equipos y tuberías de la refinería de Talara (Fuente: Elaboración propia)

CAPITULO II

PROCESOS DE SOLDADURA SMAW Y GTAW

2.1 Proceso SMAW (MANUAL METAL ARC WELDING)

Este proceso, que es aplicado sin presión, incorpora el uso de un arco metálico (un arco que transfiere metal) que se forma entre un electrodo cubierto y el baño de soldadura. El electrodo consiste en un núcleo de alambre alrededor del cual se extruye una mezcla concéntrica de aglutinantes de silicato y materiales en polvo tales como fluoruros, carbonatos, óxidos, aleaciones metálicas y celulosa. Está cubierta sirve como fuente de estabilizadores de arco y vapores para desplazar el aire, así como el metal y la escoria para proteger, soportar y aislar el metal de soldadura caliente. [4]

En general, el arco metálico blindado calificador podría utilizarse para describir una serie de procesos de arco. Sin embargo, este término es exclusivo del proceso en el que se logra el blindaje mediante la descomposición del recubrimiento sobre el electrodo a medida que se consume por el calor del arco. [4]

La figura 2 muestra los distintos elementos del proceso de soldadura por arco con electrodo revestido. La sección desnuda del electrodo se sujeta a un soporte de electrodo, que, a su vez, se conecta a la fuente de alimentación mediante un cable. La pieza de trabajo está conectada al otro terminal de la fuente de alimentación. El arco se inicia al tocar la punta del electrodo en la pieza de trabajo y luego retirarlo ligeramente. [4]

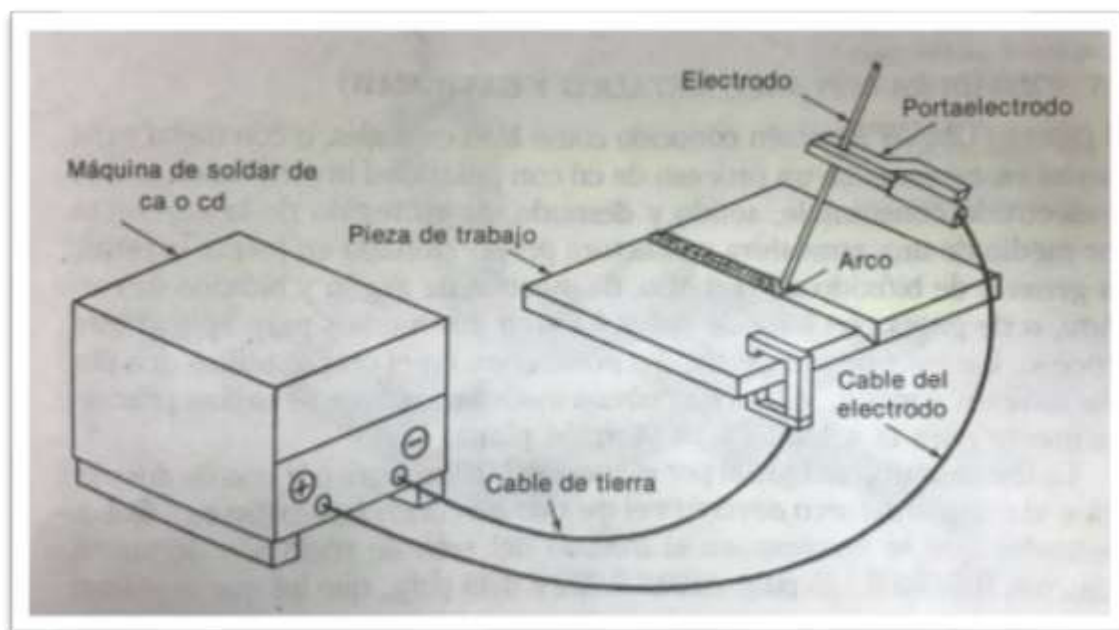


Figura 2. Disposición de los elementos básicos para soldadura SMAW (Fuente: Soldadura Aplicaciones y Práctica)

Como se puede observar en la figura 3 al entrar en contacto el electrodo con la pieza a unir, se va generar un arco debido al flujo eléctrico. Este arco va producir el calor suficiente permitiendo así fundir los elementos a unir. Tal como se observa en la figura 3 debido al avance del electrodo ira dejando atrás metal de soldadura protegido por la escoria; esta se va producir una vez solidificado el metal de soldadura para así salir hacia la superficie; originando así una menor probabilidad de que la escoria quede atrapada dentro de la soldadura. [4]

Otro punto a notar como se muestra en la figura 3 es la producción de gases que se generan al descomponerse una vez calentado el electrodo, procediendo así en ayudar al fundente durante la protección del metal fundido durante el arco. [4]

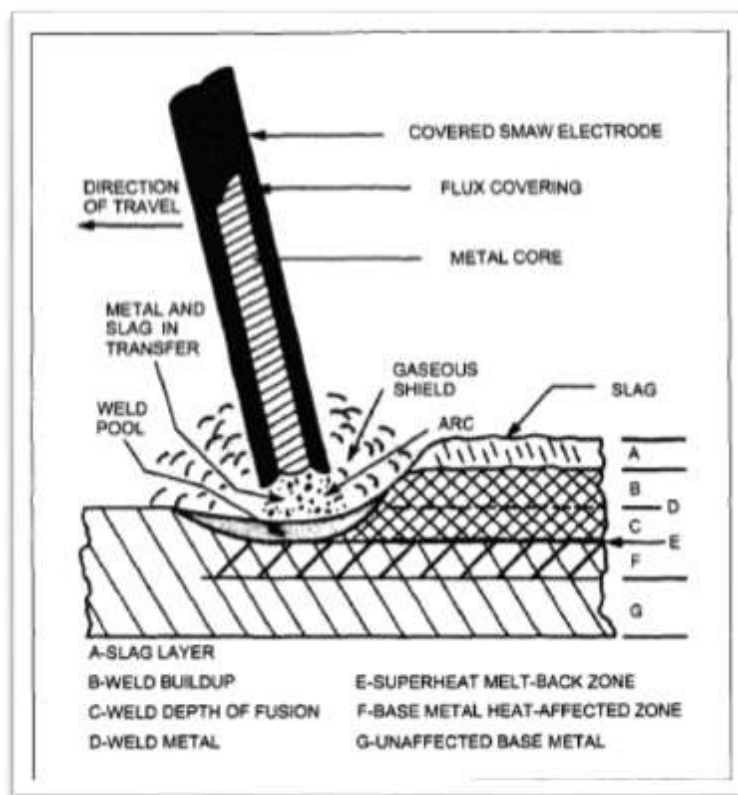


Figura 3. Representación esquemática de la soldadura SMAW (Fuente: Welding Handbook)

En el proceso SMAW el componente esencial es el electrodo teniendo como principal característica al recubrimiento el cual va permitir catalogar los distintos tipos de electrodo, teniendo una serie de funciones dentro del proceso como:

- Estabilizan el arco, proporcionando así un excelente rendimiento de operación.
- Producen vapores de protección que desplazan el aire.
- Desoxidantes y otros eliminadores que purifican la soldadura.
- Aislación mediante la escoria, que proporciona una protección física o "tapa" sobre el metal de soldadura en caliente.

Usos y Ventajas

- Los usos del proceso, desde luego, están regidos por sus ventajas; las más importantes

de éstas son: [4]

- Equipo simple y económico, permitiendo así su fácil traslado para el proceso.
- Numerosa disponibilidad del tipo de electrodos según la fuente de alimentación.
- Puede soldarse en todas las posiciones, algo que es imposible realizar mediante el proceso

SAW (soldadura por arco sumergido).

- Limitaciones [4]

Siempre hay ciertas limitaciones como ocurre en cualquier otro proceso de soldadura. Entre ellas están las siguientes:

- La velocidad es afectada negativamente ya que el soldador debe detener periódicamente el proceso de soldeo y utilizar un electrodo nuevo reemplazando así el que fue consumido.
- Capa de escoria solidificada que debe ser astillada de la soldadura completa en comparación con los procesos de arco de alimentación de alambre.

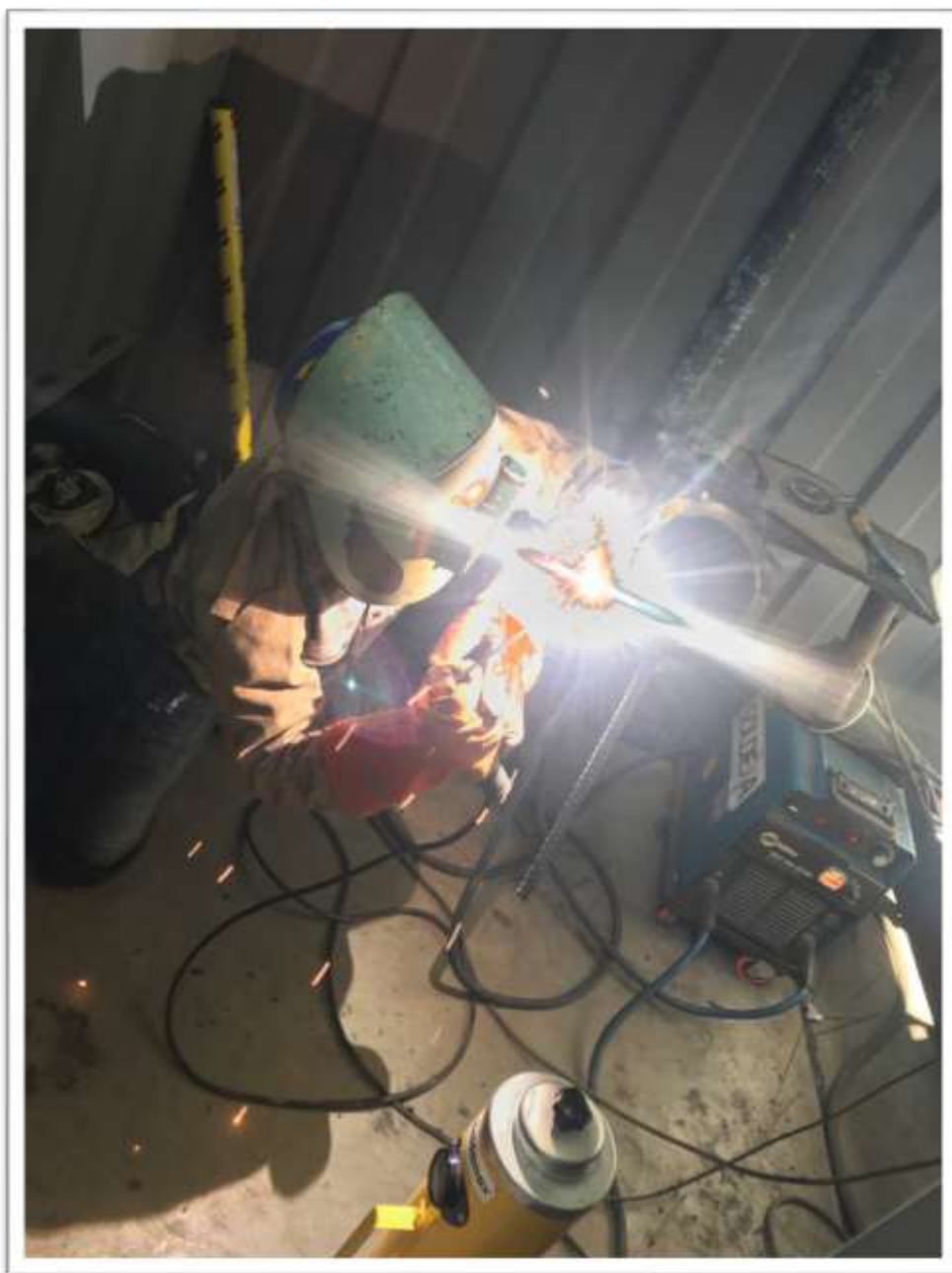


Figura 4. Ejecución de soldadura con proceso SMAW (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)

2.2 Proceso GTAW (GAS TUNGSTEN ARC WELDING)

El arco generado entre el electrodo de tungsteno y la pieza de trabajo dará como resultado la fusión de los materiales a unir a partir del calor obtenido por el arco; Las temperatura alcanzadas por el arco generado son de 35,000 °F (19,425 °C). Se va requerir metal de aporte puesto que el electrodo de Tungsteno es no consumible, el cual se va adicionar externamente. [3]

El gas inerte empleado en el proceso GTAW cumplirá la función de proteger la ZAC, el metal fundido y el electrodo no consumible. [3]

Este proceso permite soldar la mayoría de los metales y sus posteriores aleaciones comerciales. [3]

- Aceros al carbono, baja aleación e inoxidables.
- Cobre, latón y bronce.
- Níquel, monel e inconel
- Titanio.
- Magnesio.
- Aluminio.

Ventajas

Arco concentrado.

- Control puntual del calor aplicado, efectivo para soldar metales de alta conductividad térmica.
- Permite dar una zona afecta por el calor más reducida.
- Este proceso no posee fundentes o escoria como el mencionado en el SMAW.
 - Muy buena apreciación del arco.
 - Al ser un proceso limpio no requiere una exhaustiva limpieza.

- No habrá evidencia de escoria atrapada en cada pase de soldadura.
- Limpieza.
 - Durante el arco no hay transferencia de metal, es por ese motivo que no se va producir salpicaduras.

Desventajas

- Deposición de metal de aporte muy baja.
- Excelente habilidad por parte del soldador.
- La luz de arco puede generar mayores problemas visuales al no haber presencia de humos.
- Se generan rayos ultravioleta por lo anteriormente mencionado incrementado así la formación de ozono y óxido nitroso.

Electrodo de tungsteno

- Es el responsable de generar el arco.
- Tal como se mencionó anteriormente es un electrodo NO consumible, siendo el punto fusión del tungsteno puro de 6,170 °F (3,410 °C).

Argón

- Muy buena de limpieza sobre materiales tales como el Titanio o Aluminio.
- Conductividad térmica baja.
- Responsable de generar un arco resistente de alta acumulación de energía.
- Mayor densidad que el aire.

Helio

- Debido a su mayor potencial de ionización que el argón hay más dificultad para dar inicio el arco a bajos amperajes.

- Mayor conductividad térmica.
- Más sensible a la longitud de arco.
- Hay un mayor flujo que el argón debido a la baja densidad que este posee.



Figura 5. Ejecución de soldadura con proceso GTAW (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)

CAPITULO III

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL DEL WPS

3.1 Calificación de Procedimiento de Soldadura ASME Sección IX

El inicio durante el desarrollo de la calificación es el avance del procedimiento de soldadura, y su posterior avance durante la ejecución del procedimiento de calificación. Obteniendo un resultado óptimo tanto de la calificación de soldadura y soldadura de producción, concluyendo de dicha manera si la técnica y materiales reales son compatibles. En general se realiza para demostrar la afinidad de: [8]

- Metal base
- Metales de aporte de soldadura
- Proceso
- Técnicas

Las variables esenciales son aquellos factores no modificables del proceso de soldadura que, si se alteran, se tendrá que volver a realizar un nuevo procedimiento de soldadura. Teniendo como referencia lo mencionado anteriormente que si alguna variable es modificada se tendrán como resultado soldaduras no óptimas. Por cada proceso de soldadura se tendrán variables esenciales teniendo como parámetros empleados, tipo de metal a soldar, características físicas del metal de aporte y detalles técnicos de soldadura. [8]

Los datos obtenidos durante el registro del ensayo se indicarán en un segundo documento, no es más que el Registro de Calificación de Procedimientos tal como se indican en sus siglas (PQR). En efecto, pueden presentarse diversos (WPS) tomando como alusión a una solo (PQR). [8]

Una vez aclaradas dichas variables para un procedimiento específico, se procederá a incluir todas las situaciones que se evidenciaron durante la soldadura de producción, soldando así el cupón de prueba para la calificación de procedimiento. [8]

Para ASME B31.3 (Process Piping) Edición 2016, el WPS a ser utilizados estará de acuerdo según el código ASME Sección IX Edición 2015. [8]

El código ASME BPVC Sección IX, va establecer la correcta aplicación de la soldadura de producción de óptima calidad siguiendo detalladamente la aplicación de procedimientos WPS, PQR y WPQ; el uso de diversas técnicas que son aplicadas para la industria nos va asegurar un apropiado análisis de calidad de soldadura, los cuales serán mencionados e incluidos en las técnicas de inspección del código mencionado [8]

3.2 Desarrollo de Proceso

Para ejecutar el presente informe se va concertar cuatro fases y se desarrollaron 3 procedimientos de soldadura con diferentes materiales base. El primer punto de las fases mencionadas será el estudio e interpretación del código y los estándares aplicables, teniendo como objetivo de analisis las variables tanto para el proceso GTAW y SMAW y empezar a elaborar los procedimientos según los formatos establecidos. [8]

Tabla 1

Procedimientos Específicos de soldadura (WPS) Generados para el Proyecto PMRT

Procedimientos Específicos de soldadura (WPS) Generados para el Proyecto PMRT			
Nº Procedimiento	Proceso de Soldadura	Material Base	Material de Aporte
WPS/P8-P8/01	GTAW	ASTM A312 TP316/316L	ER 316L
WPS/P4-P4/01	GTAW+SMAW	ASTM A335 Gr.P11	ER80S-B2 E8018-B2
WPS/P1-P1/01	GTAW	ASTM A53 Gr.B	ER70S-3

*Fuente: **ASME B31.3 – 2016**. Process Piping – Code for Pressure Piping

El segundo punto es la identificación de variables; aquí se determinarán los valores de las variables esenciales y suplementarias, según la norma con la que venimos trabajando. [8]

En el tercer punto se va dar la ejecución del procedimiento según lo indagado e interpretado de los códigos y estándares aplicados; obteniendo así una identificación correcta de las variables mediante las cuales se va proceder a realizar el procedimiento de soldadura, ejecutando luego una verificación del contenido y según lo revisado se va planificar la calificación del procedimiento. [8]

El cuarto punto se va realizar la evaluación del procedimiento, en donde se contactará al laboratorio pertinente el cual ejecutará las pruebas mecánicas y su posterior evaluación de los especímenes ensayados del procedimiento según los código y normas aplicados que venimos aplicando, se fabricaran los cupones de prueba de las probetas calificadas, para luego ejecutar los ensayos destructivos como se pide realizar según el código. [8]

3.3 Identificación De Variables Esenciales Para Proceso SMAW - GTAW según la norma ASME BPVC Sección IX

El código menciona en los puntos QW-103.1 y QW-103.2. Que cada entidad realizara las pruebas requeridas según este código, los cuales permitirán calificar los procedimientos de soldadura; adicionalmente deberá llevar una serie de anotaciones registradas de los datos obtenidos en la ejecución de la calificación del procedimiento. [7]

Las variables esenciales, no esenciales y esenciales suplementarias que son aplicadas, serán indicadas en cada WPS según el tipo de proceso de soldadura empleado; estas se detallan en las tablas QW-250 a QW-280; Estos puntos mencionados tendrán una mejor definición en el punto IV de la Código ASME BPVC Section IX Ed. 2015. [7]

Table QW-256
Welding Variables Procedure Specifications (WPS) — Gas Tungsten-Arc Welding (GTAW)

Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	1	φ Groove design			X
	5	+ Backing			X
	10	φ Root spacing			X
	11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	5	φ Group Number		X	
	6	T Limits		X	
	8	T Qualified	X		
	11	φ P-No. qualified	X		
QW-404 Filler Metals	3	φ Size			X
	4	φ F-Number	X		
	5	φ A-Number	X		
	12	φ Classification		X	
	14	+ Filler	X		
	22	± Consum. insert			X
	23	φ Filler metal product form	X		
	30	φ I	X		
	33	φ Classification			X
	30	+ Flux			X
QW-405 Positions	1	+ Position			X
	2	φ Position		X	
	3	φ T1 Vertical welding			X
QW-406 Preheat	1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	
QW-407 PWHT	1	φ PWHT	X		
	2	φ PWHT (T & T range)		X	
QW-408 Gas	1	± Trail or φ comp.			X
	2	φ Single, mixture, or %	X		
	3	φ Flow rate			X
	5	± or φ Backing flow			X
	9	- Backing or φ comp.	X		
	10	- Trail or φ comp.	X		
QW-409 Electrical Characteris- tics	1	+ Heat input		X	
	3	± Pulsing I			X
	4	φ Current or polarity		X	X
	8	φ I & E range			X
QW-410 Technique	12	φ Tungsten electrode			X
	1	φ String or weave			X
	3	φ Orifice, cup, or nozzle size			X
	5	φ Method cleaning			X
	6	φ Method back gouge			X
	7	φ Oscillation			X
	9	φ Multi to single pass per side		X	X
	10	φ Single to multi electrodes		X	X
	11	φ Closed to cut chamber	X		
	15	φ Electrode spacing			X
	25	φ Manual or automatic			X
	26	± Peening			X
	64	Use of thermal protection	X		

Legend:

+ Addition > Increase or greater than ↑ Uphill ← Forehand φ Change
 - Deletion < Decrease or less than ↓ Downhill → Backhand

Figura 6. Detalles para elaboración de WPS - GTAW (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)

<div> <div>Table QW-253</div> <div>Welding Variables Procedure Specifications (WPS) — Shielded Metal-Arc Welding (SMAW)</div> </div>					
Paragraph		Brief of Variables	Essential	Supplementary Essential	Nonessential
QW-402 Joints	.1	φ Groove design			X
	.4	— Backing			X
	.10	φ Root spacing			X
	.11	± Retainers			X
QW-403 Base Metals	.5	φ Group Number		X	
	.6	T Limits toughness		X	
	.8	φ T Qualified	X		
	.9	± Pass > 1/2 in. (13 mm)	X		
	.11	φ P-No. qualified	X		
QW-404 Filler Metals	.4	φ F-Number	X		
	.5	φ A-Number	X		
	.6	φ Diameter			X
	.7	φ Diameter > 1/8 in. (6 mm)		X	
	.12	φ Classification		X	
	.30	φ ±	X		
	.33	φ Classification			X
QW-405 Positions	.1	+ Position			X
	.2	φ Position		X	
	.3	φ † Vertical welding			X
QW-406 Preheat	.1	Decrease > 100°F (55°C)	X		
	.2	φ Preheat maint.			X
	.3	Increase > 100°F (55°C) (IP)		X	
QW-407 PWHT	.1	φ PWHT	X		
	.2	φ PWHT (T & T range)		X	
QW-409 Electrical Characteristics	.1	> Heat input		X	
	.4	φ Current or polarity		X	X
	.8	φ I & E range			X
QW-410 Technique	.1	φ String or weave			X
	.5	φ Method cleaning			X
	.6	φ Method back gouge			X
	.9	φ Multiple to single pass/side		X	X
	.25	φ Manual or automatic			X
	.26	± Peening			X
	.64	Use of thermal processes	X		
<div> <div>Legend:</div> <div> <div>+ Addition</div> <div>> Increase or greater than</div> <div>† Uphill</div> <div>← Forehand</div> <div>φ Change</div> </div> <div> <div>- Deletion</div> <div>< Decrease or less than</div> <div>‡ Downhill</div> <div>→ Backhand</div> </div> </div>					

Figura 7. Detalles para elaboración de WPS - SMAW (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)

Modelo de junta según ASME BPVC IX QW-402.

Según el código ASME B31.3 (Process Piping) nos indicara el correcto diseño de la junta a soldar. [7]

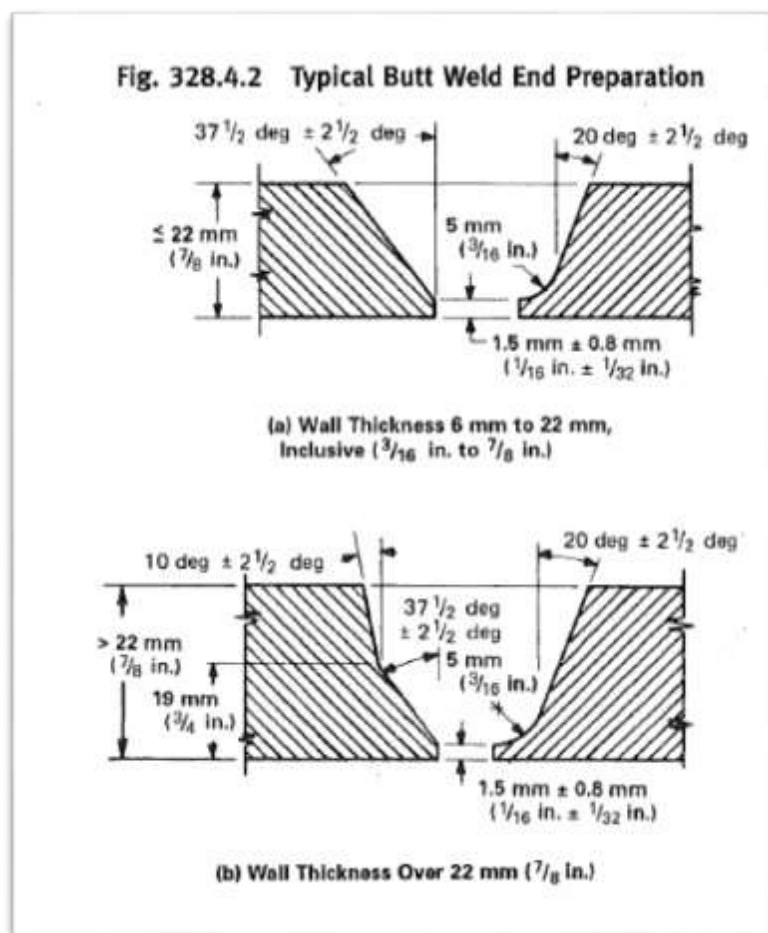


Figura 8. Diseño y preparación de junta aceptable de espesores similares (Fuente: Código: Process Piping - ASME B31.3 Edición 2016)

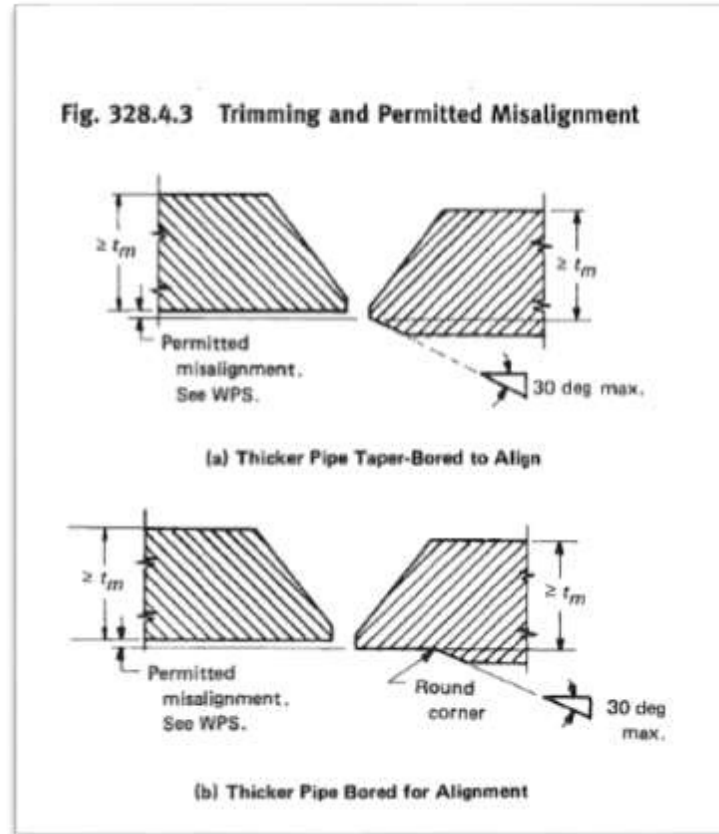


Figura 9. Diseño y preparación de junta aceptable para diferentes espesores (Fuente: Código: Process Piping - ASME B31.3 Edición 2016)

Metal base ASME BPVC Sección IX QW-403.

Se disminuirá la cantidad de calificaciones de procedimientos ya que los metales base han sido asignados con Números P, los cuales han sido especificados con requisitos de impacto con Números de Grupo dentro de los Números P. Estas asignaciones están basadas esencialmente en características comparables de los metales base, tales como la composición, soldabilidad, y propiedades mecánicas, de acuerdo con la tabla QW/QB-422. [7]

- Se detalla las propiedades Mecánicas y especificaciones del Material base (ASTM A335 Grade P11) del procedimiento WPS/P4-P4/01

ASTM A335 Grade P11 Detalle técnico estándar para tuberías de aleación ferrítica sin costura longitudinal para ser empleados en servicios de alta temperatura, teniendo su principal aplicación en calderas. [10]

Tabla 2
Mechanical elements for ASTM A335 P11

Material	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
A335 P11	0.05- 0.15	0.50- 1.00	0.30- 0.60	0.025 max	0.025 Max	1.00- 1.50	0.44- 0.65

*Fuente: ASTM A-335 Gr. P11

Tabla 3
Mechanical properties for ASTM A335 P11

Material	Tensile Strength, Mpa	Yield Strength, Mpa	Elongation/%
A335 P11	Min415	Min 205	Max 20

*Fuente: ASTM A-335 Gr. P11

Notas para prueba de dureza: P11 no tendrá una dureza que no exceda 250 HB/265 HV [25HRC].
[10]

- Se detalla las propiedades Mecánicas y especificaciones del Material base (ASTM A312 TP316/316L) del procedimiento WPS/P8-P8/01

De acuerdo al estándar ASTM A312 Grado 316 esta tubería puede presentar o no costura longitudinal; teniendo la facilidad de ser soldada y trabajada en frío. [12]

Debido a su mayor porcentaje de Mo y Ni en comparación al acero inoxidable 304 va permitir tener una mayor resistencia a la corrosión. [12]

Tabla 4
Chemical Requirements

Chemical Composition %									
Grade	UNS Designation	C	Mn	P	S	Si	Cr	Ni	Mo
TP316	S31600	0.08	2	0.045	0.03	1	16.0-18.0	11.0-14.0	2.00-3.00
TP316L	S31603	0.035	2	0.045	0.03	1	16.0-18.0	10.0-14.0	2.00-3.00

*Fuente: ASTM A312 TP 316

Tabla 5
Mechanical Properties

Mechanical Properties			
Grade	UNS Designation	Tensile Strength, min ksi [Mpa]	Yield Strength, min ksi [Mpa]
TP316	S31600	75 [515]	30 [205]
TP316L	S31603	70 [485]	25 [170]

*Fuente: ASTM A312 TP 316

- Se detalla las propiedades Mecánicas y especificaciones del Material base (ASTM A53 Gr.B) del procedimiento WPS/P1-P1/01

De acuerdo al estándar ASTM A 53/A 53M esta tubería puede presentar o no costura longitudinal, negra y de inmersión en caliente con un revestimiento superficial de zinc [11]

Tipos y grados:

- Tipo F: Soldadura de ranura ejecutada en el alto horno, soldadura continua grado A.
- Tipo E: Unión soldada mediante resistencia Eléctrica (ERW), Grados A y B.
- Tipo S: Sin soldadura longitudinal o costura, Grados A y B. [11]

Uso:

Este tipo de tubería es empleado para líneas de servicio; tal como por ejemplo aire, agua, vapor y nitrógeno. Como característica principal para trabajos electromecánicos tiene la capacidad de ser soldada y para aplicaciones de manufactura el ser rolado o plegado. [11]

Tabla 6
Composición química acero A53

Composición, %	Tipo S		Tipo E		Tipo F
	Sin costura		Soldada con resistencia Eléctrica (ERW)		Soldada a tope en alto horno
	Grado 0.25	Grado 0.30	Grado A 0.25	Grado B 0.30	Grado A 0.30
Carbono, max	0.25	0.30	0.25	0.30	0.30
Manganeso	0.95	1.20	0.95	1.20	1.20
Fósforo, max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Azufre, max	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
Cobre, max	0.40	0.40	0.50	0.50	0.40
Níquel, max	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Cromo, max	0.40	0.40	0.40	0.40	0.40
Molibdeno,	0.15	0.15	0.15	0.15	0.15
Vanadio, max	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08

*Fuente: ASTM A53 / A 53M.

Tabla 7
Propiedades mecánicas acero A53

	Grado A	Grado B
Resistencia a la tracción, min:	48,000 psi [330 MPa]	60,000 psi [415 MPa]
Fluencia, min:	30,000psi [205 MPa]	35,000psi [240 MPa]

*Fuente: ASTM A53 / A 53M.

- Según el material base empleado para el procedimiento, esta será una variable esencial de acuerdo al punto QW-403.8 el cual está indicado en la tabla QW-451. Para su posterior ejecución de estos procedimientos el espesor está en el rango de 1/16" - 3/8" (1,6 - 10), en consecuencia quedaría calificado desde 1,6mm hasta 2 veces el espesor del material base como máximo.

Thickness T of Test Coupon, Welded, in. (mm)	Range of Thickness T of Base Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]		Maximum Thickness t of Deposited Weld Metal, Qualified, in. (mm) [Note (1)] and [Note (2)]	Type and Number of Tests Required (Tension and Guided-Bend Tests) [Note (2)]			
	Min.	Max.		Tension, QW-250	Side Bend, QW-160	Face Bend, QW-160	Root Bend, QW-160
Less than $\frac{1}{16}$ (1.5)	T	2T	2t	2	—	2	2
$\frac{1}{16}$ to $\frac{3}{16}$ (1.5 to 10) incl.	$\frac{1}{16}$ (1.5)	2T	2t	2	[Note (5)]	2	2
Over $\frac{3}{16}$ (10), but less than $\frac{1}{2}$ (19)	$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2t	2	[Note (5)]	2	2
$\frac{1}{4}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2t when $t < \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$\frac{1}{2}$ (19) to less than $1\frac{1}{2}$ (38)	$\frac{3}{16}$ (5)	2T	2T when $t \geq \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150) incl.	$\frac{3}{16}$ (5)	8 [200] [Note (3)]	2t when $t < \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
$1\frac{1}{2}$ (38) to 6 (150) incl.	$\frac{3}{16}$ (5)	8 [200] [Note (3)]	8 (200) [Note (3)] when $t \geq \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
Over 6 (150) [Note (6)]	$\frac{3}{16}$ (5)	1.33T	2t when $t < \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—
Over 6 (150) [Note (6)]	$\frac{3}{16}$ (5)	1.33T	1.33T when $t \geq \frac{3}{16}$ (19)	2 [Note (4)]	4	—	—

NOTES:

(1) The following variables further restrict the limits shown in this table when they are referenced in QW-250 for the process under consideration: QW-402.9, QW-403.10, and QW-404.32. Also, QW-202.2, QW-202.3, and QW-202.4 provide exemptions that supersede the limits of this table.

(2) For combination of welding procedures, see QW-200.4.

(3) For the SMAW, SAW, GMAW, PAW, LBW, and GTAW welding processes only; otherwise per Note (1) or 2T, or 2t, whichever is applicable.

(4) see QW-151.1, QW-151.2, and QW-151.3 for details on multiple specimens when coupon thicknesses are over 1 in. (25 mm).

(5) Four side-bend tests may be substituted for the required face- and root-bend tests, when thickness T is $\frac{3}{16}$ in. (10 mm) and over.

(6) For test coupons over 6 in. (150 mm) thick, the full thickness of the test coupon shall be welded.

Figura 10. Cantidad de probetas a ensayar mediante tensión y doblado (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)

Para la calificar el procedimiento se solicitarán 6 probetas para ensayos mecánicos; los cuales se emplearan 2 de doblado de raíz, 2 de doblado de cara y 2 probetas de tracción según lo descrito en la imagen.

El ensayo de tracción tomara lo que se describe en la figura QW-462.1 (b) del código ASME BPVC Sección IX.

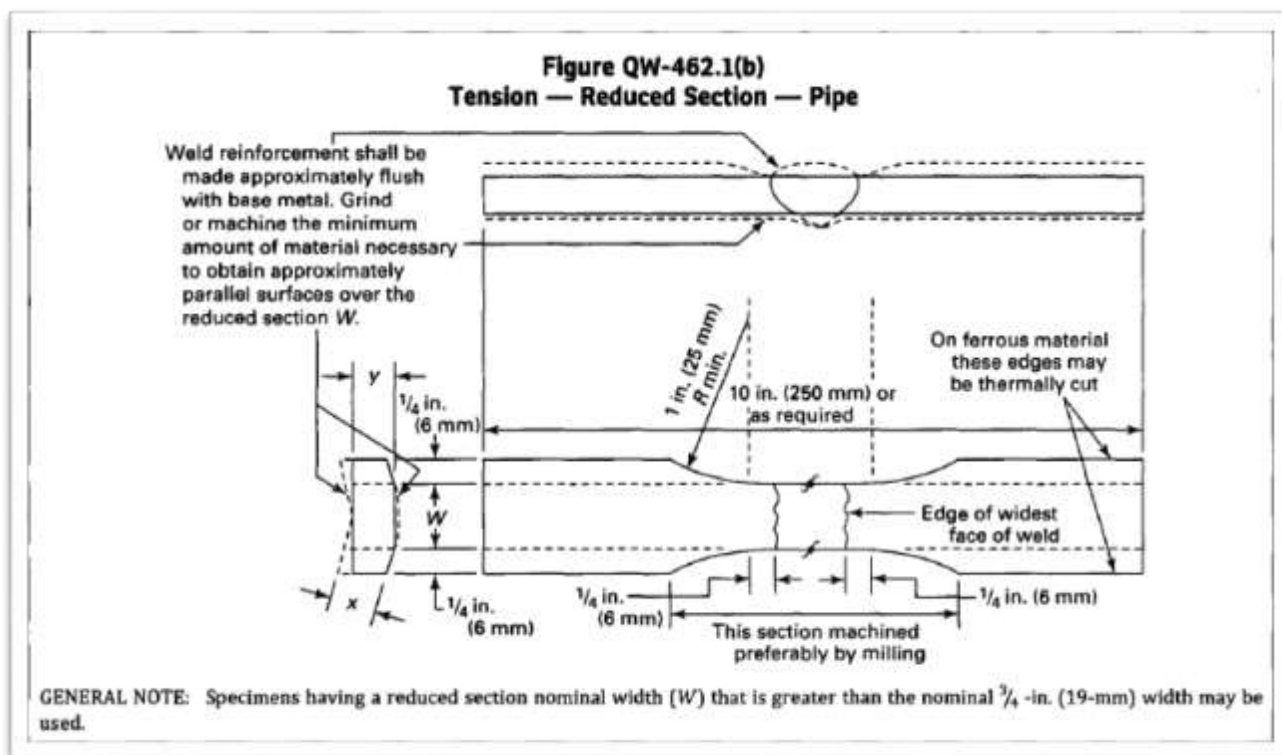


Figura 11. En la figura QW-462.1 (b) de la norma específica el modelo de probeta para el ensayo de tracción
(Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)



Figura 12. Resultado de probetas sometidas al ensayo de tracción (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.)

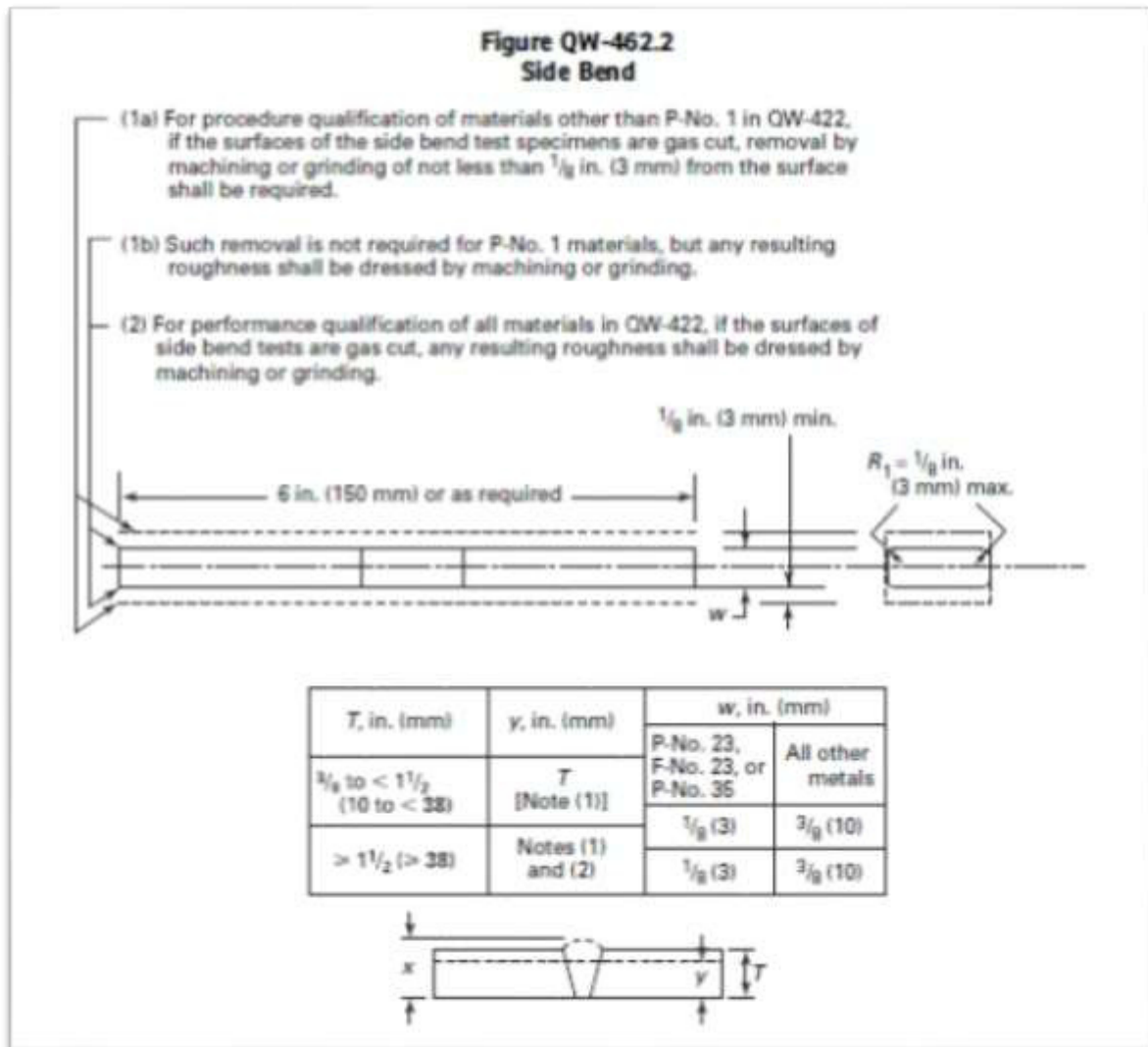
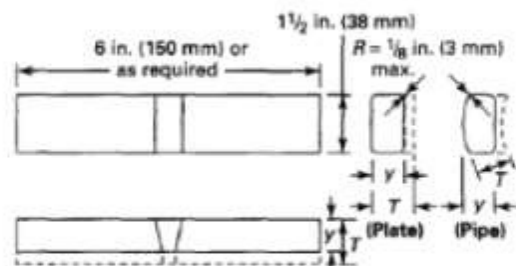
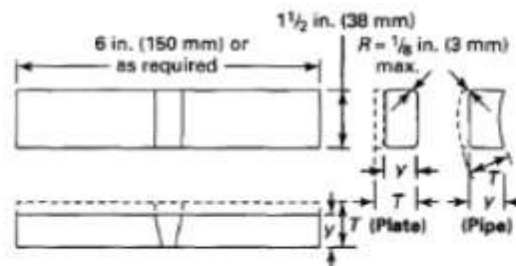


Figura 13. En la figura QW-462.2 según el código indica el doblado de cara y de raíz (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)

Figure QW-462.3(a)
Face and Root Bends — Transverse



Face-Bend Specimen — Plate and Pipe



Root-Bend Specimen — Plate and Pipe

T, in. (mm)	Y, in. (mm)	
	P-No. 23, F-No. 23, All Other F-No. 26, or P-No. 35	Metals
$\frac{1}{16} < \frac{1}{8}$ (1.5 < 3)	T	T
$\frac{1}{8} - \frac{1}{4}$ (3 - 10)	$\frac{1}{8}$ (3)	T
$> \frac{1}{4}$ (10)	$\frac{1}{8}$ (3)	$\frac{3}{8}$ (10)

Figura 14. Espécimen para prueba de doblado (Fuente: Código ASME IX Edit. 2015)



Figura 15. Especímenes sometidos a ensayo de doblado (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.)

Metal de aporte ASME IX.

Siendo este una variable esencial se tendrá que cumplir con los requerimientos los cuales serán mencionados en el punto 404 y en las tablas del punto 432 y 442 del ASME IX. Mediante cual el más mínimo cambio de sus características del metal de soldadura modificaría el procedimiento y se alteraría la calidad del producto a obtener constituyendo así una variable esencial. [8]

Lo que se pretende obtener mediante la selección correcta del material de aporte según el ASME B31.3 indicado en el numeral 328.3.1 es que la unión soldada arroje como resultado de la prueba de tensión valores similares o mayores al tipo de material que se va unir.. [8]

Los factores más importantes en la selección de materiales de aporte empleados para la soldadura se detallarán a continuación: [8]

1. Tipo del metal base.

2. Corriente a utilizar durante el proceso soldadura, ya sea continua o alterna.
3. Características físicas del metal base.
4. Tipo de junta.
5. Categoría de servicio solicitado para el trabajo.
6. Eficacia solicitada en la operación.

Teniendo esta noción clara se procederá a seleccionar el metal de aporte adecuado, será muy necesario seleccionar el tipo de corriente a emplear, teniendo como guía el diámetro del mismo. El fabricante recomendará el tipo de corriente a utilizar según el electrodo que se emplee para así obtener resultados satisfactorios. [8]

Los distintos materiales de aportes usados en la industria y sus diferentes aplicaciones, hay ciertos criterios que se deben seguir sin excepción a todos los distintos tipos. [8]

El arco, por ejemplo, debe mantener una distancia lo más corta posible, eso sí evitando el contacto al charco del metal fundido; la velocidad de avance del arco debe ir en función del diámetro del electrodo, ya que de ello dependerá el acabado del cordón de soldadura, si no se toma en cuenta dicho factor se tendrá como respuesta un cordón redondo y ancho debido a una velocidad de avance lenta y por otro lado se producirá un cordón plano y angosto si este es rápido. La forma de oscilar el arco se tendrá que mantener corta, tomando como referencia un valor que no supere en cuatro veces el diámetro del electrodo y de 1 a 2 veces el diámetro del mismo para los que son de “bajo hidrógeno”; cuando por motivos obligados se requiera una mayor oscilación; se tendrá que disminuir la velocidad. [8]

Según lo visto anteriormente podemos deducir es que en ningún caso el electrodo y el metal que está siendo depositado deberá escapar de su atmosfera de protección que es brindado por el gas a partir del revestimiento. [8]

GTAW

Acero Inoxidable

SOLDEXA

TIGFIL 2010Mo

(Antes ER316G 2010Mo)

Varilla sólida para el proceso TIG (GTAW) cuyo depósito es un acero inoxidable austeno ferrítico de bajo contenido de carbono (0,03%), ideal para unir aceros inoxidables del tipo AISI 316L o de similar composición. Sus depósitos tienen una excelente resistencia mecánica y resistencia a la corrosión hasta temperaturas por debajo de 400°C.

Clasificación

AWS A5.9 / ASME SFA-5.9 ER316L

Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos*) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
máx. 0,03	1,00 2,50	0,30 0,65	máx. 0,020	máx. 0,020	2,00 3,00	11,00 14,00	18,00 20,00	-	-

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-60°C) [J]
Sin tratamiento	585 (84 825)	430 (62 350)	> 35	125

Conservación del Producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- No requiere almacenamiento bajo horno.

Posiciones de Soldadura

P, H, Va, Sc.



Parámetros de Soldado Recomendados

Diámetro [mm (pulg.)]	2,50 (3/32")	3,25 (1/8")
Polaridad	Corriente continua electrodo al negativo (DCEN)	
Gas protector	100% Ar	
Amperaje (A)	20 - 150	30 - 250
Voltaje (V)	9 - 15	10 - 20
Stick out (mm)	-	-
Flujo de Gas (l/min)	5 - 15	5 - 15

Aplicaciones

- Se usa para los aceros inoxidables estabilizados o no estabilizados de la familia Cr/Ni/Mo:
 - AISI 316, 316L
 - DIN: X5 CrNiMo 17 12 2; X2 CrNiMo 17 13 2; X2 CrNiMo 18 14 3
 - X5 CrNiMo 17 13 3
 - X6 CrNiMoTi 17 12 2; X10 CrNiMoTi 18 12
 - X10 CrNiMoNb 18 10; X10 CrNiMoNb 18 12

Figura 16. Proceso de soldadura GTAW – Metal de aporte ER306L (Fuente: Soldexa)



INDURA
Tecnología a su Servicio

INDURA ER80S-B2

Rev 01-010412



- Varilla para soldar aceros de baja aleación con proceso TIG
- Especialmente recomendado para soldar aceros resistentes al creep del tipo 1% Cr – 0,5% Mo.

Clasificación:

ASME IIC SFA 5.28/AWS A5.28
ER 80S-B2 / ER 55S-B2

Características y Campos de usos:

- Se recomienda para soldar tuberías y en construcción de calderas. Es resistente al calor, creep y a la corrosión.
- La temperatura máxima de servicio es de 500°C.
- Al soldar aceros de composición química semejante, se recomienda precalentamiento de 260°-300°C.
- La varilla se encuentra recubierta de una delgada película de cobre que la protege de la corrosión.

Análisis Típico (% en peso)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Cu
0.09	0.61	0.58	0.007	0.006	1.30	0.44	0.17

Los parámetros de soldadura para soldar con TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón.

Figura 3. Características y usos de varilla para soldar aceros de baja aleación con proceso TIG (Fuente: Indura)

SMAW

Aceros al carbono y Baja Aleación

SOLDEXA

EXA 8018-B2

El EXA 8018-B2 es un electrodo de bajo hidrogeno con polvo de hierro, alto ratio de deposición, el deposito es una aleación de cromo molibdeno con contenidos típicos de 1.25% Cr - 0.5% Mo y alta calidad radiográfica , estas aleaciones son empleadas para trabajos expuestos a medianas temperaturas.

Clasificación	
AWS A5.5/ ASME SFA-5.5	E8018-B2

Análisis Químico de metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Cr	Mo	Ni	Cu	Otros
0.12 máx	0.9 máx	0.8 máx	0.03 máx	0.04 máx	1.0-1.5	0.4-0.65	—	—	—

Propiedades Mecánicas del Metal Depositado


Tratamiento Térmico	Resistencia a la tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en (4d) [%]	Energía absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lb)]
Tratamiento Térmico 690 +/- 15°C (1h)	572 (83 000)	483 (70000)	23	—

Conservación del producto

- Mantener en un lugar seco y evitar humedad.
- Manutenión en horno 120°C

Posiciones de Soldadura

P, H, Va, Sc.



Parámetros de soldado recomendados

Diámetro [mm (pulg)]	3.20 (1/8")	4.00 (5/32")
Polaridad	Corriente continua electrodo al positivo (DCEP)	
Gas protector	N/R	
Amperaje (A)	90 - 145	130 - 200
Voltaje (V)	22 - 28	22 - 28
Stick out (mm)	—	—
Flujo de Gas (l / min)	—	—


Aplicaciones

- Uniones de aceros ferríticos tipo Cr-Mo (1.25 Cr -0.5 Mo).
- Soldadura de aceros tipo ASTM A182 Gr F11 y F12 , ASTM A335 Gr P12 y similares.
- Uniones de aleaciones de grado WC11.

Para mayor información en otros diámetros consultar al Departamento Técnico SOLDEX S.A.

N/R = No requerido


Figura 4. Proceso de soldadura SMAW – Electrodo E8018-B2 (Fuente: Soldexa)



INDURA
Tecnología a su Servicio

INDURA 70S-3

Rev 01-010412



- Varilla para soldadura TIG de aceros al carbono
- Revestimiento cobrizado

Clasificación:

ASME IIC SFA 5.18/AWS A5.18
ER 70S-3 / ER 48S-3

Características y Campos de usos:

- Su contenido de silicio y manganeso le confiere excelentes propiedades desoxidantes lo que asegura una soldadura libre de porosidades sobre una amplia gama de trabajos.
- Se recomienda para ser usado en aceros al carbono de baja aleación
- Aplicaciones típicas: aceros ASTM A36, A285-C, A515-55, A516-70, etc

Análisis Típico del metal depositado (% en peso)

C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Mo
0.07	1.30	0.72	0.015	0.018	0.02	0.02	0.005

Propiedades Mecánicas Típicas del Metal Depositado


Esf. Fluencia en 0.2%, MPa	Esf. Máx. de Tracción, MPa	Elongación (L=4d), %	E. Absorbida Ch-v
410	510	30	92 J a -20°C

Parámetros de Soldadura y Datos

Diámetro, mm	1,6	2,4	3,2
Longitud, mm	1000	1000	1000

Los parámetros de soldadura para soldar con TIG son dependientes en gran parte del espesor del material y de la aplicación. Para evitar la fusión del electrodo de tungsteno se deberá usar electrodo negativo y un gas de protección inerte, tal como argón o helio.

Posición de Soldadura



CCEP

INDURA 70S-3

Figura 5. Características y usos de varilla para soldar TIG de aceros al carbono (Fuente: Indura)

Precalentamiento ASME BPVC Sección IX QW-406.

La rapidez de enfriamiento en la zona soldada será reducida mediante la aplicación de un precalentamiento. Esto puede ser necesario para aliviar las tensiones residuales originadas durante el proceso de soldadura. El aumento de temperatura durante el precalentamiento va en relación a los distintos factores tales como; diferente espesor del acero, las restricciones de soldadura, el contenido de carbono y el hidrógeno difusible del metal de soldadura. Las formas más comunes de aplicar el precalentamiento es utilizando un soplete a gas o mediante resistencia eléctrica. [7]

Toda variación de temperatura por debajo de los 100°F (55°C) durante el precalentamiento es considerada una variable esencial según el código empleado. En el formato del WPS se deberá indicar la temperatura mínima de precalentamiento. Si la junta va requerir precalentamiento se comprobara que el tipo de metal a unir no va requerir una temperatura superior de precalentamiento que la mencionada en las normas utilizadas como base para el desarrollo del procedimiento de soldadura. [7]



Figura 6. Aplicación de precalentamiento mediante resistencia eléctrica (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)



Figura 7. Aplicación de precalentamiento mediante soplete a gas (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)

Tratamiento Térmico PWHT ASME BPVC Sección IX QW-407.

Durante el proceso de soldadura se generan efectos indeseables en el material, los principales son: [7]

- Generación de tensiones residuales que pueden producir fragilidad en piezas de gran espesor o distorsión en piezas de poco espesor, estas tensiones son de dos tipos: de tracción y de compresión.
- Absorción de hidrógeno en la soldadura, debido a factores ambientales o a la utilización de material de aportación en condiciones inadecuadas. [7]
- Modificación de la estructura del metal aumentando la dureza de la zona afectada por el calor y produciendo fragilidad o favoreciendo la aparición de corrosión inducida por estrés o fisuras por la presencia de hidrógeno en la soldadura. [7]

Con el fin de mitigar la influencia de estos efectos no deseados las uniones soldadas requieren el calentamiento controlado tanto de la zona de soldadura como la zona afectada por el calor (metal base). Estos procedimientos de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento controlado, se pueden dar antes, durante y después haber culminado la soldadura. Se verán afectadas las propiedades mecánicas de la uniones soldadas, tanto por parámetros erróneos tanto o ya sea en las velocidades, tiempos y temperaturas de enfriamiento, mantenimiento y calentamiento; pudiendo ocasionar que las propiedades mecánicas de la soldadura no sean las adecuadas. Al conjunto de técnicas consistentes en aplicar calor, de forma controlada, a la unión soldada lo llamaremos tratamientos térmicos de la soldadura. Emplearemos dos formas de agruparlos: [7]

- Por la temperatura alcanzada: subcríticos e hipercríticos.
- Por el momento en el que se realizan: bake-out, precalentamiento, post calentamiento y tratamiento térmico posterior a la soldadura.

Los tratamientos térmicos posteriores a las soldaduras más habituales son: [7]

- Distensionado: tratamiento subcrítico aplicado posterior al proceso de soldadura; teniendo como finalidad aliviar las tensiones residuales originadas por la soldadura, no acostumbra a superar los 650 °C.
- Revenido: tratamiento subcrítico que busca tanto eliminar las tensiones generadas como reducir la dureza en la zona afectada por el calor (ZAC), no acostumbra a superar los 750 °C.
- Solubilización de carburos: tratamiento hipercrítico, se aplica a algunos aceros inoxidables temperaturas entre 900 y 1050 °C y enfriamiento rápido

En algunas ocasiones puede ser necesario realizar un Normalizado, seguido de un revenido, con la finalidad de restaurar las propiedades del material. El normalizado es un tratamiento hipercrítico y no todos los materiales de aportación toleran adecuadamente este tipo de tratamientos. [7]

El tratamiento térmico posterior a la soldadura mejora la ductilidad, en soldaduras susceptibles al agrietamiento debido a la composición de metal o al espesor de pared. Cuando se aplica correctamente, ha demostrado ser muy eficaz en la prevención de fallas prematuras relacionadas con soldadura. [7]

El estrés inducido por el ciclo térmico de la soldadura juega un papel en ciertos fenómenos de corrosión localizada. Constantemente se están reemplazando o reparando equipos y tuberías por sufrir una pérdida localizada de metal o corrosión bajo tensión, debido a los efectos combinados las condiciones de servicio y los efectos no deseados de la soldadura. [7]

Se ha convertido en una práctica habitual realizar tratamientos térmicos a equipos y tubos, que debido a su poco espesor están exentos de tratamiento en los códigos constructivos. Un fenómeno que sigue siendo un problema luego de haberse aplicado el tratamiento térmico es la corrosión. Los

resultados de pruebas experimentales demuestran que, durante la realización de un PWHT, pueden generarse grandes diferencias de temperatura a través del espesor de la pieza. La aplicación de elementos de calefactores en al exterior de la tubería no siempre proporciona la seguridad de que la superficie interior alcancen las temperaturas necesarias para reducir adecuadamente la dureza de la soldadura. Es en estas superficies interiores que se inicia el fenómeno de la corrosión inducida por el estrés. [7]

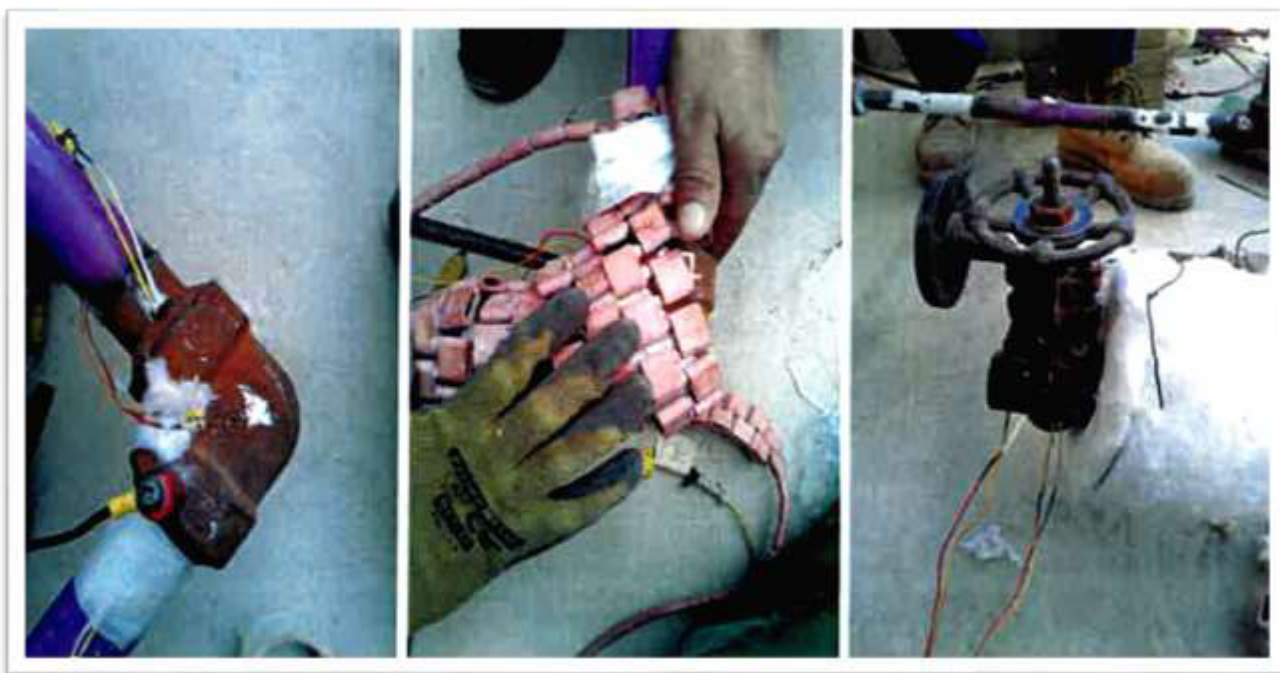


Figura 8. Tratamiento térmico post soldadura mediante resistencias eléctricas. (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)

CAPITULO IV

DIAGNOSTICO DE UNIONES SOLDADAS MEDIANTE END CONVENCIONALES

Los END son aquellos ensayos ejecutados sobre secciones semi-acabadas o acabadas sin obstaculizar o alterar, no habiendo así una modificación de sus características químicas, físicas y mecánicas no habiendo interferencias en el uso futuro de dichas piezas. [8]

Razones para su aplicación: [8]

- La prevención de posibles accidentes mediante la aplicación de estos, resultando así como su principal función evitar el riesgo de vidas humanas. Por tal motivo estos fueron desarrollados ya que hoy en día se tiene un considerado avance industrial
- Soporte durante el desarrollo de un proyecto. Ejemplo: Aplicación de un proceso de soldadura combinado, por medio de los END se podrá determinar la viabilidad de dicho proceso en la inspección de las probetas ensayadas.
- Mediante la aplicación de los END va permitir tener un mejor control durante el proceso de fabricación, contribuyendo así a mantener el control en varias etapas del proceso mediante la aplicación de las correcciones oportunas debido a los resultados arrojados de los END.

4.1 Ventajas de la Utilización de los Ensayos No Destructivos

Las ventajas de la utilización de los END en la industria pueden ser divididas en cuatro categorías: [8]

4.1.1 Aumento de la productividad:

- Se evita el desperdicio de material, mejorando la utilización de la materia prima.
- Mejoras en el nivel de calidad evitando diferencias en los estándares de calidad.
- Disminución de costos.
- Un mejor control de procesos
- Descarte de materiales inadecuados

4.1.2 Aumento en la eficiencia:

- Se identifica las regiones sometidas tensiones mecánicas y fallas por fatiga.
- Se descarta posibles averías de los equipos previniendo así el mal uso de estos.

4.1.3 Seguridad.

- Se evitan posibles accidentes.
- Previene pérdidas de vidas.
- Previene pérdidas de bienes.

4.2 Tipos de ensayos no destructivos.

4.2.1 Tipos de Ensayos No Destructivos

Tenemos una variabilidad de ensayos no destructivos actualmente según el tipo de aplicación, los cuales están en un permanente avance, inclusive la búsqueda y aplicación de nuevos tipos de medida que la sofisticación de los procesos de fabricación así lo exige. [8]

Entre otros se pueden citar los siguientes métodos de ensayos no destructivos que se utilizan en la actualidad: [8]

- Inspección visual (IV)
- Ensayos radiográficos (RT)
- Inspección ultrasónica (UT)

4.2.2 Selección del método adecuado:

Según la perspectiva a inspeccionar se establecerá el método más apropiado: [8]

- Características y modo origen de la discontinuidad a ser detectada
- Características del material y modo de manufactura de este.
- Facilidad a la zona de ensayo
- Nivel de aceptabilidad deseada
- Facilidad de adquirir equipos
- Costos

Método de Ultrasonido Convencional

En el caso de gasoductos, los ensayos no destructivos que se suelen usar son Gammagrafía y Ultrasonido Convencional. [8]

De acuerdo al ASME B31.3 capítulo 10 Ítem 341.3.2 Procedimiento del Ensayo de Ultrasonido. [8]

Los puntos a mencionar son los requerimientos básicos que deben estar incluidos en el procedimiento para su posterior aplicación: [8]

- a. Proceso de soldadura, tipo y diseño de junta.
- b. El material que será ensayado (ej. Espesor, tamaño, grado, proceso de fabricación según especificación API 5L).
- c. Acondicionamiento / estado de la superficie de barrido.
- d. Instrumento / Sistema ultrasónico y transductores.

- e. Manual o automático.
- f. Características de acoplante.
- g. Técnica de Ensayo:
 - Ángulo de aplicación
 - Frecuencias (MHz).
 - Temperaturas y rangos.
 - Dirección de barrido y velocidades.
 - Puntos de referencia y marcas según evaluación (ej. Localización circunferencial y cara de raíz).
- h. Estándares de Referencia- Modelos debidamente detallados según la vista de planta y las dimensiones de las secciones que se procederán a inspeccionar de los patrones de referencia; indicando los materiales de producción y todos los reflectores de referencia.
- i. Requerimientos de calibración- Para la calibración del instrumento o sistema requerido se indicaran los intervalos requeridos, la secuencia del arreglo de calibración previo a la inspección de soldadura, incluyendo todos los bloques de calibración estándares a ser usados.
- j. Nivel de barrido (Scanning level)- Para el barrido se procederá a indicar la sensibilidad según el equipo ajustada en decibeles (dB) agregando así estos valores de sensibilidad como referencia por efecto del barrido.
- k. Sensibilidad Aplicada para Evaluar - Los picos a los cuales llegan los ecos detectados durante el barrido para su posterior aplicación, para un reajuste de la sensibilidad y así aceptar o rechazar los puntos detectados durante la evaluación.

1. Registro de resultados- tipo de registro (ej. Esquema, impresión térmica, disco compacto, etc)



Figura 9. Ensayo de ultrasonido (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Talara, Piura.)

Método de Radiografía Industrial.

En la sección 10 Ítem 341.3.2 tabla 341.3.2 del ASME B31.3, presenta los requerimientos para producir las películas radiográficas con el uso de Rayos X o Gamma, mediante los cuales se ejecutara un procedimiento detallado para la producción de dichas películas radiográficas [8]

Se tomaran en cuenta los siguientes puntos para calificar las imágenes en las películas radiográficas: [8]

- La zona a calificar o a evaluar que esté libre de imperfecciones.
- El indicador de calidad de imagen adecuado.
- Un modo Identificación adecuada.
- Compatibilidad con las normas de aceptación.

Para cumplir con el procedimiento de película radiográfica se incluirá los siguientes datos como mínimo: [8]

- Fuente de radiación- El tipo de fuente a emplear, el foco efectivo o punto focal; si se utiliza Rayos X el voltaje de este.
- Intensificador de Pantalla- El tipo y localización de la pantalla y si es plomo el espesor
- Película- El tipo de película y la marca proveniente como también el tamaño de película.
- Técnica de exposición- Exposición del tipo pared simple (SWE/SWV), exposición de doble pared (DWE/SWV); la distancia desde la fuente o punto focal a la película; la posición relativa de la película, soldadura fuente, IQIs, y los intervalos o marcas de referencia; y el número de exposiciones requeridos para la radiografía para una soldadura completa.
- Actividad de la fuente de Radiación- Muchas veces en Curies por minuto pero también en miliamperios. Si es con Rayos X el voltaje y amperaje; el tiempo de exposición.
- Procesamiento de Películas radiográficas- Si es de forma manual o automatizada; factores como tiempo y temperatura de revelado, el tiempo de enjuague, el fijado, posterior lavado y el modo de secado.
- Materiales- Tipo de material y rango de espesor, para el cual el procedimiento es apropiado.
- IQIs- Se designara según el tipo de Material, Identificando estos mediante el ASTM o ISO, el diámetro y espesor del alambre esencial.



Figura 10. Simulacro de toma de películas radiográficas mediante Rayos Gamma (Fuente: Fotografía tomada por Yeremi Calderon Huicho, Lima.)

CAPITULO V

ANALISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS

5.1 Análisis de Resultados de Soldadura

5.1.1 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero Aleado Cromo Molibdeno

ASTM A-335 Gr. P11.

Se elaboró un procedimiento de soldadura (Welding Performance Specification WPS):

Con dos procesos de soldadura GTAW y SMAW (Gas Tungsten Arc Welding y Shield Metal Arc Welding), el procedimiento WPS/P4-P4/01, pruebas mecánicas realizadas en el laboratorio de la PUCP – Informe N° MAT-OCT-1232-1/2016 y MAT-OCT-1232-3/2016

Tabla 1

Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P4-P4/01

PROCESO DE SOLDEO								
Pases de Soldadura	Proceso de Soldadura	Metal de Aporte		Corriente	Amperaje	Voltaje (V)	Velocidad de Avance (mm/min)	Heat Input (KJ/cm)
		Clase	Diámetro	Polaridad				
1	GTAW	ER80S-B2	3/32"	DCSP	95-130	9-12	40-50	10-23
2	GTAW	ER80S-B2	3/32"	DCSP	120-145	9-15	45-60	10-29
3	SMAW	E8018-B2	1/8"	DCRP	90-120	19-25	40-70	13-45
4	SMAW	E8018-B2	1/8"	DCRP	90-120	19-26	40-70	14-46

*Fuente: Anexo 01 WPS/P4-P4/01

Tabla 2
PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)

PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)								
Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga de Rotura (KN)	Resistencia máx. (Mpa)	Resistencia Minima (Mpa)	Tipo de falla y Ubicación Rotura en	Resultado
T1	18.90	7.98	150.8	88.6	587	415	metal base	Conforme
T2	19.09	7.92	151.2	89.8	594	415	metal base	Conforme

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-JUN-1232-1/2016

Tabla 3
PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)

PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)					
Muestra	Tipo	Resultado	Muestra	Tipo	Resultado
DC-1	Doble de Cara	Conforme	DR-1	Doble de Raíz	Conforme
DC-2	Doble de Cara	Conforme	DR-2	Doble de Raíz	Conforme

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-JUN-1232-3/2016

Los procesos fueron calificados satisfactoriamente según la norma ASME Sección IX y se encuentran adjuntos en el Anexo 01

Propiedades Mecánicas del Depósito de Soldadura:

Arrojaron diferentes resultados en las propiedades según el tipo de proceso de soldadura empleado que se utilizó para las uniones soldadas.

Ensayos Mecánicos.

Los procedimientos fueron calificados según el condigo ASME Sección IX obteniendo satisfactoriamente los tres procedimientos aprobados.

Muy aparte de los ensayos de resistencia a la tracción empleados para calificar los procedimientos; se ejecutaron perfiles para la aplicación de dureza Vickers, tomando como referencia la parte central del acabado del cordón de soldadura hacia uno de los extremos tomando así de manera aleatoria en la zona afecta por el calor (ZAC). Las mediciones se realizaron a 1.2 mm de la superficie y cada 0.5 mm

Las durezas del material original antes de ser soldados, prácticamente se mantiene en el mismo rango de dureza de 173HV a 230HV en el material de aporte, según Informe de la Universidad PUCP N°MAT-OCT-1232-2/2016

Se concluye que el procedimiento de soldadura WPS GTAW es más eficiente en aspectos de propiedades mecánicas como:

Limite elástico (psi), Alargamiento

Resistencia a la tensión (PSI)

Las propiedades mecánicas mejoradas en el proceso de soldadura se comprueban en los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de la universidad PUCP, además del alto rendimiento en material depositado del proceso GTAW

5.1.2 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero Inoxidable ASTM A-312 TP

316.

- Proceso de soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), el procedimiento WPS/P8-P8/01, pruebas mecánicas realizadas en el laboratorio de la PUCP – Informe N° MAT-OCT-1257-1/2016 y MAT-JUN-1257-2/2016

Tabla 4

Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P8-P8/01

PROCESO DE SOLDEO								
Pases de Soldadura	Proceso de Soldadura	Metal de Aporte		Corriente Polaridad	Amperaje	Voltaje (V)	Velocidad de Avance	Calor aportado (KJ/cm)
		Clase	Diámetro				(mm/min)	
1	GTAW	ER316L	2.5mm	DCSP	70-85	9-12	50-70	5-12
2	GTAW	ER316L	2.5mm	DCSP	80-110	9-12	50-70	6-15
3	GTAW	ER316L	2.5mm	DCSP	85-115	9-12	50-70	6-16
4	GTAW	ER316L	2.5mm	DCSP	85-115	9-12	50-70	6-16

*Fuente: Anexo 02 WPS/P8-P8/01

Tabla 5

PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)

PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)								
Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga de Rotura	Resistencia máx.	Resistencia Mínima	Tipo de falla y Ubicación	Resultado
				(KN)	(Mpa)	(Mpa)		
T1	13.55	3.50	89.7	54.3	606	515	Rotura en metal base	Conforme

T2	13.24	6.46	82.2	50.0	609	515	Rotura en metal base	Conforme
----	-------	------	------	------	-----	-----	----------------------	----------

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-OCT-1257-1/2016

Tabla 6
PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)

PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)					
Muestra	Tipo	Resultado	Muestra	Tipo	Resultado
DC-1	Doble de Cara	Conforme	DR-1	Doble de Raíz	Conforme
DC-2	Doble de Cara	Conforme	DR-2	Doble de Raíz	Conforme

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-JUN-1257-2/2016

El proceso de soldadura GTAW en los aceros Inoxidables ASTM A-312 TP316, produjo soldaduras de alta calidad, presentando un arco estable y concentrado, libre de salpicaduras, obteniendo así valores que están por encima de los mínimos requeridos cuando fueron probados en el ensayo de tracción.

Las probetas soldadas con distintos procesos fueron sometidas al ensayo de tracción; teniendo así como resultado valores que alcanzan la validez de resistencia a la tracción mínimos para un acero de acuerdo al material base, requeridos por el código y en el caso del proceso de soldadura GTAW se obtuvieron mejores propiedades mecánicas.

Las probetas del proceso GTAW fueron sometidas al ensayo de tracción; obteniendo valores óptimos según lo indicado en el ASME Sección IX para un acero.

Se concluye que el procedimiento de soldadura WPS GTAW es más eficiente en aspectos de propiedades mecánicas como:

Limite elástico (psi), Alargamiento

Resistencia a la tensión (PSI)

Las propiedades mecánicas mejoradas en el proceso de soldadura se comprueban en los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de la universidad PUCP, además del alto rendimiento en material depositado del proceso GTAW, encontrándose estos ensayos en el Anexo 02.

5.1.3 Resultados del Procedimiento de Soldadura de acero al Carbono ASTM A53 Gr.B.

Proceso de soldadura GTAW (Gas Tungsten Arc Welding), el procedimiento WPS/P1-P1/01, pruebas mecánicas realizadas en el laboratorio de la PUCP – Informe N° MAT-JUN-0839-1/2016 y MAT-JUN-0839-3/2016

Tabla 7

Variables esenciales y ensayos mecánicos del WPS/P1 – P1/01

PROCESO DE SOLDEO								
Pases de Soldadura	Proceso de Soldadura	Metal de Aporte		Corriente Polaridad	Amperaje	Voltaje (V)	Velocidad de Avance (mm/min)	Calor aportado (KJ/cm)
		Clase	Diámetro					
1	GTAW	ER70S-3	3/32"	DCSP	75-85	9-15	60-100	4-12
2	GTAW	ER70S-3	3/32"	DCSP	75-85	10-16	60-100	4-13

*Fuente: Anexo 03 WPS/P1-P1/01

Tabla 8
PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)

PRUEBA DE TRACCIÓN (Según ASME IX - QW-150)								
Muestra	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga de Rotura (KN)	Resistencia a máx. (Mpa)	Resistencia Minima (Mpa)	Tipo de falla y Ubicación Rotura en	Resultado
T1	19.24	3.50	67.3	34.4	511	415	metal base	Conforme
T2	19.26	6.46	66.6	35.1	527	415	metal base	Conforme

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-JUN-0839-1/2016

Tabla 9
PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)

PRUEBA DE DOBLEZ (Según ASME IX - QW-160)					
Muestra	Tipo	Resultado	Muestra	Tipo	Resultado
DC-1	Doble de Cara	Conforme	DR-1	Doble de Raíz	Conforme
DC-2	Doble de Cara	Conforme	DR-2	Doble de Raíz	Conforme

*Fuente: Laboratorio de Materiales PUCP N°: MAT-JUN-0839-3/2016

Las probetas del proceso GTAW fueron sometidas al ensayo de tracción; obteniendo valores óptimos según lo indicado en el ASME Sección IX para un acero.

Se concluye que el procedimiento de soldadura WPS GTAW es más eficiente en aspectos de propiedades mecánicas como:

Limite elástico (psi), Alargamiento

Resistencia a la tensión (PSI)

Las propiedades mecánicas mejoradas en el proceso de soldadura se comprueban en los resultados de los ensayos realizados en el laboratorio de Mecánica de la universidad PUCP, además del alto rendimiento en material depositado del proceso GTAW, encontrándose estos ensayos en el Anexo 03.

Tabla 10

Rendimiento del Material depositado por proceso de soldadura

RENDIMIENTO DEL MATERIAL DEPOSITADO	
PROCESO DE SOLDADURA	EFICIENCIA
Electrodo Revestido (SMAW)	60-80%
Arco Sumergido (SAW)	90-95%
MIG-MAG (GMAW)	90-95%
TIG (GTAW)	98%
Alambres Tubulares (FCAW)	80-85%

*Fuente: Welding Handbook

CONCLUSIONES

Procedimientos de Soldadura.

1. La calificación y evaluación de los procedimientos se realizaron según con la norma ASME Sección IX Edición 2015, para ser usados con el código ASME B31.3 - Process Piping (tubería de Procesos) resultando los tres procedimientos aprobados.

2. Se calificaron procedimientos de soldadura (Welding Performance Specification WPS) en dos procesos; proceso SMAW (Shield Metal Arc Welding) y GTAW-Mecanizado (Gas Tungstenl Arc Welding)

3. Lo obtenido de los resultados en la prueba de tracción de los cupones de pruebas soldados con distintos procesos alcanzaron los valores de mínimos del ensayo mencionado para un acero de acuerdo a los descritos en el estándar ASTM (ASTM A-312, ASTM A-335 Gr. P11 y ASTM A-53 Gr. B), indicados en el código ASME Sección IX y en el caso del proceso de soldadura GTAW se obtuvieron mejores propiedades mecánicas siendo más eficiente en aspectos de propiedades mecánicas como:

Limite elástico (psi)

Resistencia a la tensión (PSI)

Alargamiento

El proceso de soldadura GTAW presenta mayor rendimiento del material depositado con una eficiencia de 98%.

BIBLIOGRAFIA

1. Modern Welding Technology, Author: Howard B. Carey & Scott C. Helzer Sixth Edition-2014.
2. Programa de Especialización en Ingeniería de Soldadura, Metalurgia de la Soldadura. Pontificia Universidad Católica del Perú – PUCP
3. Soldadura Aplicaciones y Práctica, Henry Horwitz. Edit. Alfaomega.
4. Welding Handbook, Welding Science and Technology, Vol. 1- Ninth Edition American Welding Society
5. ASM HANDBOOK Volume 6 – Welding, Brazing and Soldering – ASM publisher 2005.
6. Introducción a la Metalurgia Física. Sydney H. Avner. Edit. McGraw-Hill. Segunda edición.
7. ASME SECTION IX – 2017. Welding, Brazing, and Fusing Qualifications – Boiler and Pressure vessel Code (The American Society of Mechanical Engineers)
8. ASME B31.3 – 2016. Process Piping – Code for Pressure Piping (The American Society of Mechanical Engineers)
9. Pruebas Mecánicas y Propiedades de los Metales. V.Zolotorevski. Edit. Mir Moscú.
10. ASTM A-335 Gr. P11: Standard Specification for Seamless Ferritic Alloy-Steel Pipe for High-Temperature Service. Edition-2015.
11. ASTM A 53 / A 53M : Standard Specification for Pipe, Steel, Black and Hot-Dipped, Zinc-Coated, Welded and Seamless. Edition-2002.
12. ASTM A-312 TP 316 : Standard Specification for Seamless, Welded, and Heavily Cold Worked Austenitic Stainless Steel Pipes. Edition-2009.


13. ASME SECTION V – 2017. Nondestructive Examination – Boiler and Pressure vessel Code (The American Society of Mechanical Engineers)
14. Técnicas de Laboratorio Para Pruebas de Materiales. Carl A.Keyser. Edit. LIMUSA. WILEY S.A.
15. Manual de soldadura. Soldexa – Oerlikon. 7ma Edición.

ANEXOS

Anexo 01: Registro de procedimiento de soldadura de acero Aleado Cromo Molibdeno ASTM A-335 Gr. P11.

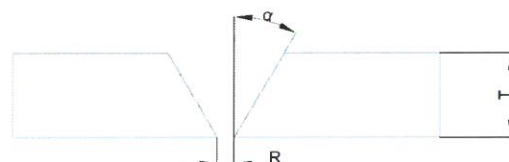
Anexo 02: Registro de procedimiento de soldadura de acero Inoxidable ASTM A-312 TP 316.


Anexo 03: Registro de procedimiento de soldadura de acero al Carbono ASTM A53 Gr.B.

	REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-02.111.02	
	ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN		Hoja	
	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)		Revisión	0
			Fecha	15/05/16

1.0 IDENTIFICACION		Registro N°: WPS/P4-P4/01
Nombre de la compañía: SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC		Rev. N°: 1 Fecha: 16/02/2017
Proceso(s) de soldadura: GTAW+SMAW		Autorizado por: Ing. Wagner Mejia Falcon
Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Maquina <input type="checkbox"/> Semiautomático		PQR SOPORTE N°: PQR/P4-P4/01
Detalles de Junta		

2.0 JUNTA (QW-402)			
Diseño de junta: Junta a Tope en V			
Respaldo: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>			
Material de respaldo (Tipo):			
<input type="checkbox"/> Metal	<input type="checkbox"/> Refractario		
<input type="checkbox"/> No metálico	<input type="checkbox"/> Otro		
Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura deben ser especificados			
$\alpha = 30^\circ \pm 2.5^\circ$	$R = 3 \text{ mm}$	$f = 0 \text{ mm}$	$T = \text{ver espesores}$



3.0 METAL BASE (QW-403)			
N° P: 4	Grupo N°: 1	a N° P: 4	Grupo N°: 1
Especificación de tipo y grado o número UNS: ASTM A335 Gr. P11			
A especificación de tipo y grado o número UNS: ASTM A335 Gr. P11			
o indicar			
Análisis químico y propiedades mecánicas: ---			
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas: ---			
Rango de espesores:			
Metal base:	Ranura: 5 mm – 14.08 mm	Filete: Todos los espesores	
Espesor por pase máx. ≤ ½ in. (13 mm)	Si: 3mm	No: ---	
Otro:			

4.0 METAL DE APORTE (QW-404)			
Especificación N° (SFA)	SFA 5.28	SFA 5.5	---
AWS N° (Clase)	ER80S-B2	E8018-B2	---
N° F	6	4	---
N° A	3	3	---
Tamaño de los metales de aporte	3/32"	1/8"	---
Forma producto metal de aporte	VARILLA SOLIDA	ELECTRODO REVESTIDO	---
Metal de aporte suplementario	N.A	N.A	---
Rango de espesor depositado			
Ranura	Hasta 10 mm	Hasta 4.08 mm	
Filete	---	---	
Fundente electrodo (clasificación)	---	---	---
Tipo de fundente	----	----	----
Fundente nombre comercial	---	---	---
Inserto consumible	---	---	---
Otro			



REGISTRO

02070-GEN-QUA-SSK-02.111.02

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Hoja	----
Revisión	0
Fecha	15/05/16

Registro N°: WPS/P4-P4/01

5.0 POSICIONES (QW-405)		6.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)	
Posición(es) de ranura <u>Todas</u>		Rango de temperatura: <u>710 °C</u>	
Progresión: Ascendente <u>X</u> Descendente <u>---</u>		Tiempo: <u>2 horas</u>	
Posición(es) de filete: <u>Todas</u>		Otro: <u>---</u> Tamb. – 300°C libre; 300°C – 710°C 100°C/h; 710°C en 2 hora; 710°C-300°C 100°C/h; 300°C - Tamb libre	
Otro: _____		8.0 GAS (QW-408)	
7.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)		Composición Porcentual	
Temp. Pre calentamiento Min.: <u>150° C</u>		Gas(es) Mezcla (%) Flujo	
Temp. Interpase Max.: <u>Min. 150°C y Max. 315°C</u>		Protección: <u>Ar</u> <u>99%</u> <u>20 -30 CFH</u>	
Manten. Pre calentamiento: <u>---</u>		Arrastre: <u>---</u> <u>---</u> <u>---</u>	
Otro (calentamiento continuo o especial, en caso aplique, debe especificarse): _____		Respaldo: <u>---</u> <u>---</u> <u>---</u>	
		Otro: <u>---</u> <u>---</u> <u>---</u>	

9.0 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)

Corriente: <u>DC (Corriente Continua)</u>	Polaridad: <u>DCSP (GTAW) / DCRP (SMAW)</u>
Amperaje: <u>Ver Tabla Item 11.0</u>	Voltaje: <u>Ver Tabla Item 11.0</u>
Aporte de Calor (máx.): <u>N.A</u>	
Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno: <u>3/32" – EWTH-2</u>	
Modo de transferencia en GMAW (FCAW): <u>---</u>	
Otro: _____	

10.0 TÉCNICA (QW-410)

Pase ancho o angosto: <u>1er pase angosto, siguientes pases ancho</u>	Orificio o tamaño de protección gaseosa: <u>---</u>
Limpieza inicial y entre pasadas (escobillado, esmerilado, etc.): <u>Escobillado y/o Esmerilado</u>	
Método de limpieza de raíz: <u>Esmerilado</u>	
Oscilación: <u>Como sea requerida</u>	Distancia de boquilla a pieza de trabajo: <u>3 a 5 mm</u>
Pase múltiple o simple: <u>Múltiple</u>	Electrodo simple o múltiple: <u>Múltiple</u>
Espaciado electrodo: <u>---</u>	Martilleo: <u>---</u>
Otro: <u>Heat input máximo 46.8 KJ/cm</u>	

11.0 PROCEDIMIENTO DE SOLDEO

Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente - Tipo & Polaridad	Amp. (A)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/min)	Calor de aporte (KJ/cm)	Otros
		Clase	Diám						
1	GTAW	ER80S-B2	3/32"	DCSP	95-130	9-12	40 - 50	10.26 – 23.40	---
2	GTAW	ER80S-B2	3/32"	DCSP	120-145	9-15	45 - 60	10.80 – 29.0	---
3	SMAW	E8018-B2	1/8"	DCRP	90-120	18-25	40 - 70	13.89 – 45.0	---
4	SMAW	E8018-B2	1/8"	DCRP	90-120	19-26	40 - 70	14.66 - 46.80	---

12.0 NOTAS / COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

13.0 APROBACIÓN			
Inspector de Soldadura SSK		Control de Calidad SSK	
Nombres y Apellidos			
Fecha			
Firma			

Erick Z Guillen Ascarza
CWI 15015821
QC1 EXP. 1/1/2018

Wagner Vidal Mejia Falcon
CWI 11071661
QC1 EXP. 7/1/2017

**REGISTRO**

02070-GEN-QUA-SSK-01.111.04

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN**REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)**

(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Hoja 1 de 2

Revisión 0

Fecha 15/05/16

1.0 IDENTIFICACIÓN

PQR N°:

PQR/P4-P4/01

Nombre de la compañía:

SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC

Rev.:

0

Fecha:

15/11/16

Proceso(s) de soldadura:

GTAW + SMAW

Autorizado por:

Ing. Wagner Mejía Falcon

Tipo:

☒

Manual

☐

Automático

☐

Maquina

☐

Semi-automático

2.0 JUNTA (QW-402)

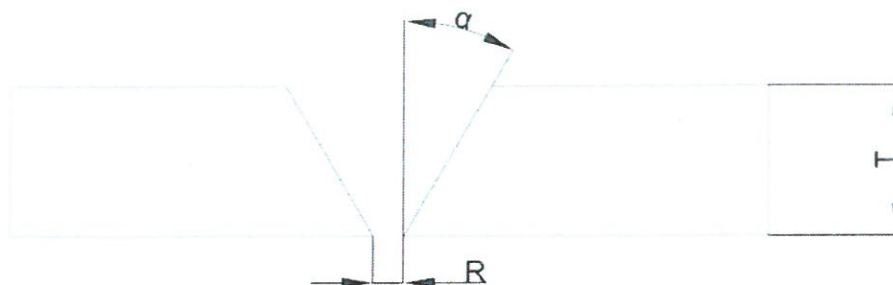
T = 7.04 mm

 $\alpha = 30^\circ \pm 2.5^\circ$

S1 = S2 = N.A

R = 3 mm

f = 0 mm



Para calificaciones combinadas, el espesor de metal de soldadura depositado debe ser registrado para cada metal de aporte y proceso usado.

3.0 METAL BASE (QW-403)

Especificación material:

ASTM A335

Tipo/grado, o número UNS:

P11

P - N°

4

Grupo N°

1

a P - N°

4

Grupo N°

1

Espesor cupón de prueba:

7.04 mm

Diámetro cupón de prueba:

Ø 8 Sch30

Espesor por pase máx. $\leq \frac{1}{2}$ in. (13 mm):☒

Si

☐

No

Otro:

7.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)

Temperatura:

710 °C

Tiempo:

2 horas

Otro:

Tamb. - 300°C libre; 300°C - 710°C 100°C/h; 710°C en 2 hora; 710°C-300°C 100°C/h; 300°C - Tamb libre

4.0 METAL DE APOORTE (QW-404)

Especificación SFA:

SFA 5.28

SFA-5.5

Clasificación AWS:

ER80S-B2

E8018-B2

Metal de aporte F - No.:

6

4

Análisis de metal depositado A - No.:

3

3

Tamaño de metal de aporte:

3/32"

1/8"

Forma producto metal de aporte:

Varilla Solida

Electrodo Revestido

Metal de aporte suplementario:

N.A

N.A

Espesor metal de aporte depositado:

5 mm

2.04 mm

Fundente electrodo (clasificación):

N.A

N.A

Tipo de fundente:

N.A

N.A

Fundente nombre comercial:

N.A

N.A

Inserto consumible:

N.A

N.A

5.0 POSICION (QW-405)

Posición(es):

6G

Progresión:

☒

Ascendente

☐

Descendente

6.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)

Temp. de precalentamiento:

150°C

Temp. entre pases:

Min. 180°C y Max. 315°C

8.0 GAS (QW-408)

Composición Porcentual

	Gas(es)	Mezcla (%)	Flujo (CFH)
Protección	Ar (raíz)	99%	20-30
Arrastre	N.A	N.A	N.A
Respaldo	N.A	N.A	N.A
Otro	N.A	N.A	N.A

9.0 CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Corriente:

DC (Corriente Continua)

Polaridad:

DCSP Corriente Continua Polaridad Directa (GTAW); DCRP Corriente Continua Polaridad Inversa (SMAW)

Amperaje:

Ver tabla Item 11.0

Voltaje:

Ver Tabla Item 11.0

Tamaño electrodo de tungsteno:

3/32" (EWTH-2)

Modo de transferencia en GMAW (FCAW):

N.A

Aporte de calor:

Otro:

10.0 TECNICA (QW-410)

Velocidad de Avance:

40 - 70 mm/min

Pasada ancha o angosta:

Angosto (Raíz); ancho (relleno y acabado)

Oscilación:

Oscilando

Pase simple o múltiple (por lado):

☐

Simple

☒

Múltiple

Electrodos simple o múltiple:

☐

Simple

☒

Múltiple



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES

CITE materiales

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N°LE-027



INACAL

Organismo Peruano de
Acreditación

Registro N°LE-027

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-OCT-1232-1/2016
Número de Páginas : 3
Solicitado por : SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
Dirección : Av. Amador Merino Reyna 281 – San Isidro.
Fecha de Emisión : 2016.10.31.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- Tipo de Ensayo : Tracción
- Norma de Ensayo : ASTM A370-15.
- Fecha de Ejecución : 2016.10.27.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- Lugar de Ensayo : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- Temperatura : Temperatura Ambiente (22,7°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

1 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSC. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-15391

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



INACAL
Instituto Nacional
de Acreditación

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1232-1/2016

ENSAYO DE TRACCIÓN

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 3

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 02.
MUESTRA : Probetas soldadas.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2016.10.27.

RESULTADOS:

MUESTRA		T1	T2
SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b)	ANCHO (mm)	18,90	19,09
	ESPEJOR (mm)	7,98	7,92
	ÁREA (mm ²)	150,8	151,2
CARGAS (kN)	MÁXIMA	88,6	89,8
ESFUERZOS (MPa)	MÁXIMA	587	594

Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)

• Esfuerzo máximo (MPa)

± 1,3

± 1,3

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: Visualmente en buen estado.
- Las probetas ensayadas fueron extraídas de la muestra proporcionada por el solicitante.
- Norma de Soldadura: ASME IX - 2015.
- Las probetas rompieron en el metal de base.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGO CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP



AB-14902



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



INACAL
Perú
Instituto Nacional
de Acreditación

Registro N° 14.107

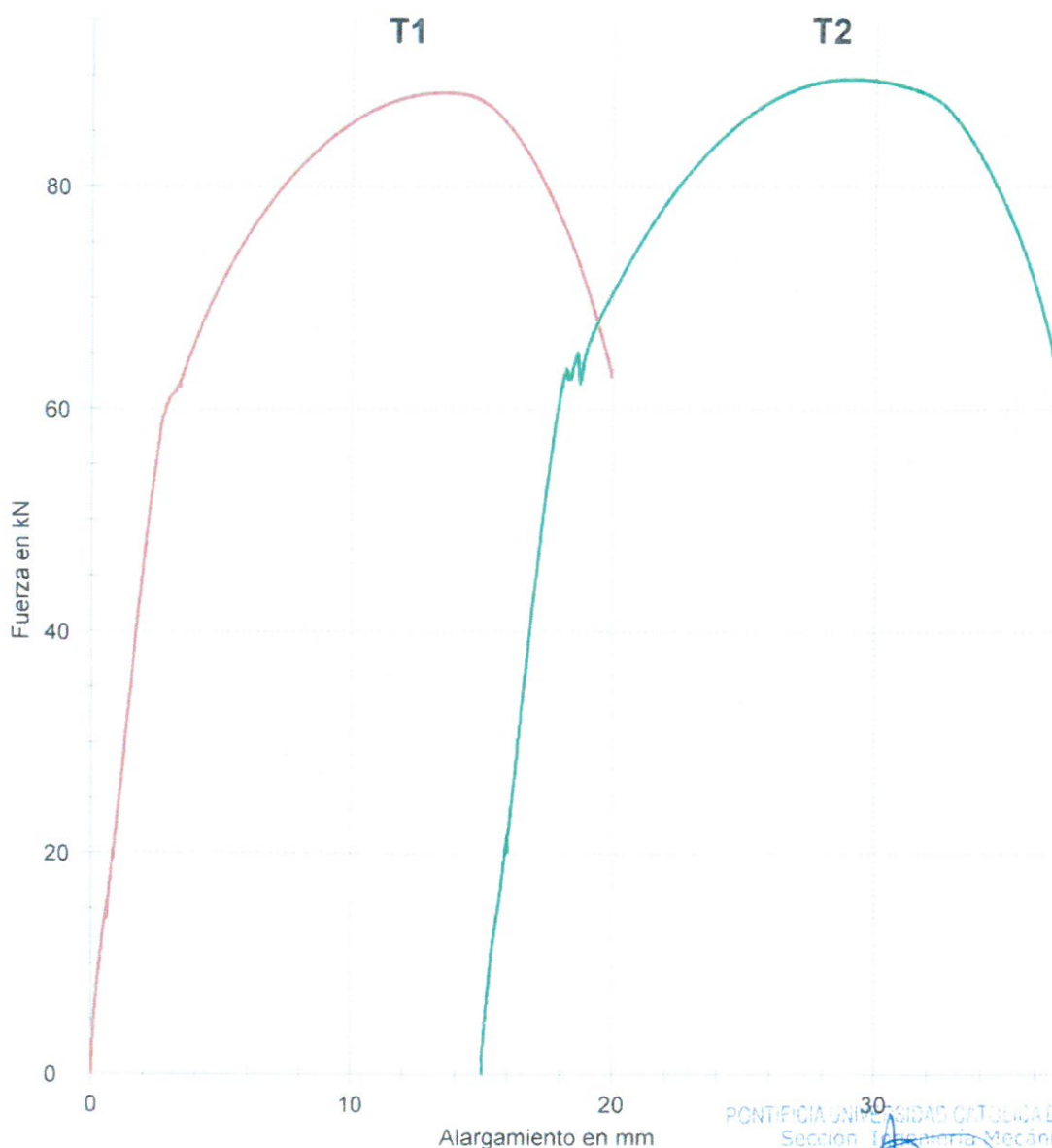
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

27.10.16

Zwick / Roell

MAT-OCT-1232-1/2016

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Laboratorio Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-14685

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES

CITE materiales

LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN
INACAL - DA CON REGISTRO N°LE-027



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-OCT-1232-2/2016.

Solicitado por : SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

Dirección : Av. Amador Merino Reyna 281 – San Isidro.

Fecha de Emisión : 2016.10.31.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- Tipo de Ensayo : Dureza Vickers
- Norma de Ensayo : ASTM E384-11e1.
- Fecha de Ejecución : 2016.10.27.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- Lugar de Ensayo : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- Temperatura : Temperatura Ambiente (24,0°C).

3. OBSERVACIONES

- La muestra ensayada fue proporcionada por el solicitante.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS CALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-15390

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1232-2/2016

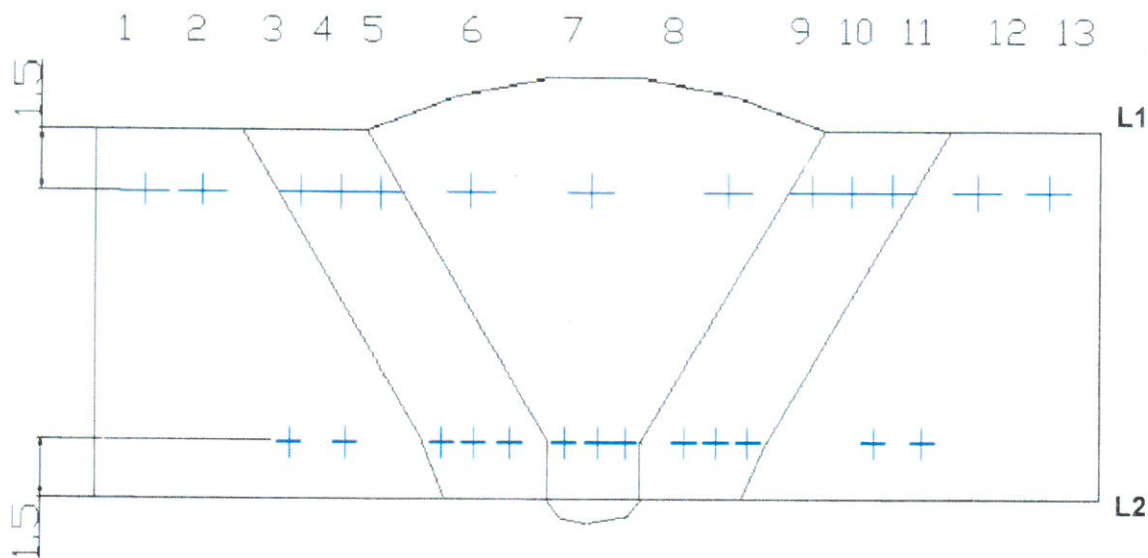
ENSAYO DE DUREZA

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 01.
MUESTRA : Probeta soldada M1-Tubería de 8 pulgadas de diámetro.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2016.10.27.

PUNTOS DE DUREZA EVALUADOS:



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP



AB-14903



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATOLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



INACAL
S.A.
Acreditado
por el INEN

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1232-2/2016

ENSAYO DE DUREZA

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

RESULTADOS:

LINEA 1	DIMENSIONES DE LA HUELLA (μm)			DUREZA HV10	OBSERVACIONES
	d_1	d_2	d_{prom}		
1	320,6	332,6	326,6	174	---
2	321,5	334,4	328,0	172	---
3	306,7	311,3	309,0	194	---
4	291,0	296,0	293,5	215	---
5	281,8	291,9	286,9	225	---
6	291,0	297,5	294,0	214	---
7	279,9	288,2	284,1	230	---
8	281,8	291,9	286,9	225	---
9	289,1	291,0	290,1	220	---
10	297,5	306,7	302,1	203	---
11	298,4	303,0	300,7	205	---
12	327,0	330,7	328,9	171	---
13	326,1	328,9	327,5	173	---

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

MSC. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



AB-14904



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



INACAL
E.A. Perú
Laboratorio de Ensayos
Acreditado

Registo N° 12.027

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1232-2/2016

ENSAYO DE DUREZA

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

RESULTADOS:

LINEA 2	DIMENSIONES DE LA HUELLA (μm)			DUREZA HV10	OBSERVACIONES
	d_1	d_2	d_{prom}		
1	317,8	321,5	319,7	181	---
2	320,6	325,2	322,9	178	---
3	311,3	311,3	311,3	191	---
4	305,8	304,8	305,3	199	---
5	293,8	290,1	292,0	218	---
6	315,0	316,9	316,0	186	---
7	307,6	309,5	308,6	195	---
8	314,1	310,4	312,3	190	---
9	289,1	291,0	290,1	220	---
10	306,7	298,4	302,6	203	---
11	303,9	309,5	306,7	197	---
12	325,2	323,3	324,3	176	---
13	320,6	321,5	321,1	180	---

Incertidumbre (factor de cobertura $K=2$, para un nivel de confianza de 95%): $\pm 3.2 \text{ HV}$.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: Preparada según norma de ensayo.
- La muestra ensayada fue proporcionada por el solicitante.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSC. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-14905

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP



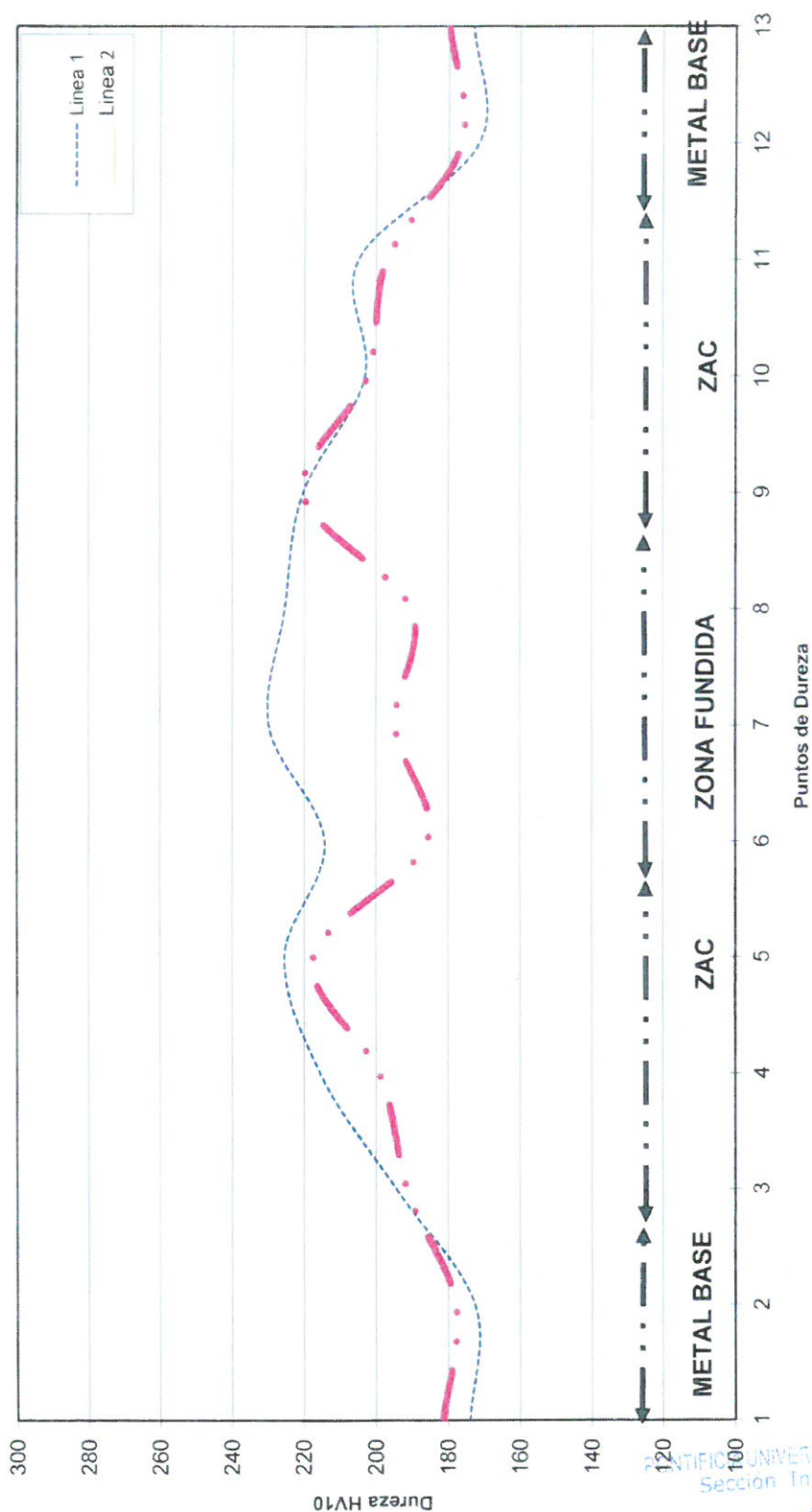
PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

PROBETA SOLDADO M1
Dureza Vickers HV10



AB-14909

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica
MSC. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP

LABORATORIO DE MATERIALES

CITE materiales

Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1232-3/2016

ENSAYO DE DOBLADO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 1

SOLICITADO POR : SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Amador Merino Reyna 281 – San Isidro
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 02.
MUESTRA : Probetas soldadas.
FECHA DE EMISIÓN : 2016.10.31.

RESULTADOS:

MUESTRA	ÁNGULO DE DOBLADO	PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES	OBSERVACIONES
DC-1	180°	---	CONFORME
DC-2	180°	---	CONFORME
DR-1	180°	---	CONFORME
DR-2	180°	---	CONFORME

Fecha de Ejecución: 2016.10.27.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: Visualmente en buen estado.
- Las probetas ensayadas fueron extraídas de la muestra proporcionada por el solicitante.
- Norma de Ensayo: ASME IX-2015.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 22,3°C.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

	REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-02-126.1	
	SISTEMA DE GESTION DE CALIDAD		PAGINA:	1 de 1
	TRATAMIENTO TERMICO POST SOLDADURA - PWHT		FECHA:	17/09/2016
		REVISIÓN	01	
			REGISTRO Nº:	PWHT-WS-5-00003

IDENTIFICACIÓN DEL PROYECTO:				
CLIENTE: PRMT PROYECTO DE MODERNIZACION REFINERIA TALARA		OBRA: 02070-25430		
PROYECTO: MODERNIZACION REFINERIA TALARA		FECHA DE ENSAYO: 06/10/2016		
AREA:	UNIDAD:	HORA DE INICIO: 11:22	HORA DE TERMINO: 22:18	
LOCALIDAD: TALARA		PROCEDIMIENTO: 02070-GEN-QUA-SSK-02-126_01		

DESCRIPCIÓN DEL ELEMENTO A TRATAR:				
ELEMENTO A EVALUAR: CUPON PARA CALIFICAR WPS/P4-P4/01		IDENTIFICACION DE SOLDADURA: PQR/P4-P4/01		
DIMENSION (nominal)/ ESPESOR: 8" Diam. / 7.04 mm		MATERIAL BASE/RELLENO: ASTM S335 P11/ER80S-B2, E8018-B2		
MATERIAL: ASTM A335 P11 (P-N°4)		<input type="checkbox"/> IN T <input type="checkbox"/> A OVERLAP <input type="checkbox"/> ON EDGE		
GEOMETRIA O DISEÑO DE: <input checked="" type="checkbox"/> BUTT <input type="checkbox"/> SCARF <input type="checkbox"/> 1/2 V <input checked="" type="checkbox"/> IN V <input type="checkbox"/> IN DOUBLE V				
LA JUNTA INSPECCIONAR: <input type="checkbox"/> IN J <input type="checkbox"/> IN U <input type="checkbox"/> IN K <input type="checkbox"/> IN L CURVE <input type="checkbox"/> WITH BACKING				
PROCESO DE SOLDADURA/SOLDADURA: GTAW+SMAW/ W204		HORA INICIO:	HORA FIN:	


EQUIPOS Y MATERIALES USADOS				
EQUIPO DE TRATAMIENTO TERMICO:	MARCA: Equipo de PWHT	N° SERIE: QPM		
	ORIGEN: PERU	CANALES: 06 canales		
IDENTIFICACION DE REGISTRADOR (ES):	MARCA: CHINO	CLASE: Hybrid Recorder		
	N° SERIE: R4-0163A0021	TIPO: Multi Point - 12 points		
IDENTIFICACION CALENTADOR(ES):	MARCA: Martine Stress	MATERIAL: Ceramic	VOLT/WATTS: 80V/3.4W	
	MARCA: Martine Stress	MODELO: CP70	CANTIDAD: 2 Units	
IDENTIFICACION DE TERMOCOUPLA:	MARCA: Martine Stress	TIPO: Type K	CANTIDAD: 2 Units Weld	
IDENTIFICACION DE AISLAMIENTO:	MARCA: FIBER Blank	MODELO: Kawool		
	TEMP. MAX: 1260 °C	ANCHO DE BANDA: 0.68		

PARÁMETROS DEL TRATAMIENTO TÉRMICO POST SOLDADURA														
PARAMETROS DE CONTROL	Teorico	NUMERO DE TERMOCOUPLAS												COMENTARIOS
		TC1	TC2	TC3	TC4	TC5	TC6	TC7	TC8	TC9	TC10	TC11	TC12	
Temperatura de Control Desde (°C)	-----	300	300											
Ratio de Calentamiento (°C/Hr)	-----	100	100											
Temp. de Mantenimiento(°C) ±10 °C	-----	710	710											
Tiempo de Mantenimiento (min)	-----	120	120											
Ratio de Enfriamiento (°C/Hr)	-----	100	100											
Temperatura Control Arriba de (°C)	-----	300	300											

SE CERTIFICA QUE LOS DATOS SON CORRECTOS Y QUE EL ELEMENTO O UNIONES SOLDADAS SE PREPARARON Y TRATARON DE ACUERDO A LO S REQUISITOS DEL CODIGO ASME 31.3, NACE SP0472 Y GP 18.04.01							
APROBACIÓN FINAL							
INSPECCIONADO POR:		SUBCONTRATISTA		APROBADO POR:		APROBADO POR:	
NOMBRE: Michael perez	D: 06	NOMBRE:	D: 07	NOMBRE: _____	D: _____	NOMBRE: _____	D: _____
FIRMA:	M: 10	FIRMA:	M: 10	FIRMA: _____	M: _____	FIRMA: _____	M: _____
	A: 2016		A: 16		A: _____		A: _____

	REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-02.111.02		
	ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN			Hoja	1
	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)			Revisión	0
			Fecha	15/05/16	

1.0 IDENTIFICACION				Registro N°: WPS/P8-P8/01	
Nombre de la compañía: SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION SAC				Rev. N°:	2
Proceso(s) de soldadura: GTAW				Fecha:	02/07/2018
Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automático				Autorizado por:	Ing. Wagner Mejia Falcon
<input type="checkbox"/> Maquina <input type="checkbox"/> Semiautomático				PQR SOPORTE N°:	PQR/P8-P8/01
Detalles de Junta					
2.0 JUNTA (QW-402)					
Diseño de junta: Junta a Tope en V					
Respaldo: Si <input type="checkbox"/> No <input checked="" type="checkbox"/>					
Material de respaldo (Tipo): <input type="checkbox"/> Metal <input type="checkbox"/> Refractario <input type="checkbox"/> No metálico <input type="checkbox"/> Otro					
Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura deben ser especificados					
$\alpha = 30^{\circ} \pm 2.5^{\circ}$		R = 3 mm		f = 0 mm	
3.0 METAL BASE (QW-403)					
N° P: 8		Grupo N°: 1		a N° P: 8	
Grupo N°: 1					
Especificación de tipo y grado o número UNS: ASTM A312 TP316/316L					
A especificación de tipo y grado o número UNS: ASTM A312 TP316/316L					
o indicar					
Análisis químico y propiedades mecánicas: ---					
Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas: ---					
Rango de espesores:					
Metal base:		Ranura: 1.5 mm – 12.04 mm		Filete: Todos los espesores	
Espesor por pase máx. ≤ 1/2 in. (13 mm)		Si: 3 mm		No: ---	
Otro: Diametro desde 1" hasta ilimitado					
4.0 METAL DE APORTE (QW-404)					
Especificación N° (SFA)	SFA 5.9		---		---
AWS N° (Clase)	ER 316L		---		---
N° F	6		---		---
N° A	8		---		---
Tamaño de los metales de aporte	2.5 mm		---		---
Forma producto metal de aporte	VARILLA SOLIDA		---		---
Metal de aporte suplementario	N.A		---		---
Rango de espesor depositado					
Ranura	12.04 mm		---		---
Filete	---		---		---
Fundente electrodo (clasificación)	---		---		---
Tipo de fundente	----		---		---
Fundente nombre comercial	---		---		---
Inserto consumible	---		---		---
Otro					

	REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-02.111.02		
	ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN			Hoja	
	ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS) (Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)			Revisión	0
			Fecha	15/05/16	

Registro N°: **WPS/P8-P8/01**

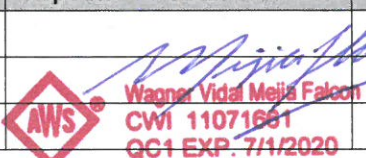

5.0 POSICIONES (QW-405)		6.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)	
Posición(es) de ranura: <u>Todas</u>		Rango de temperatura: _____	
Progresión: Ascendente <u>X</u> Descendente <u>---</u>		Tiempo: _____	
Posición(es) de filete: <u>Todas</u>		Otro: <u>---</u>	
Otro: _____		8.0 GAS (QW-408)	
7.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)		Composición Porcentual	
Temp. Pre calentamiento	Min.: <u>15° C</u>	Gas(es)	Mezcla (%)
Temp. Interpase	Max.: <u>245° C</u>	<u>Ar</u>	<u>99%</u>
Manten. Pre calentamiento:	<u>---</u>	Flujo	<u>20 – 30 CFH</u>
Otro (calentamiento continuo o especial, en caso aplique, debe especificarse):		Protección:	<u>Ar</u>
		Arrastre:	<u>---</u>
		Respaldo:	<u>Ar</u>
		Otro:	<u>---</u>

9.0 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)	
Corriente: <u>DC (Corriente Continua)</u>	Polaridad: <u>DCSP (Corriente Continua Polaridad Directa)</u>
Amperaje: <u>Ver Tabla Item 11.0</u>	Voltaje: <u>Ver Tabla Item 11.0</u>
Aporte de Calor (máx.): <u>N.A</u>	
Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno: _____	<u>2.4 mm – EWTh-2</u>
Modo de transferencia en GMAW (FCAW): _____	<u>---</u>
Otro: _____	

10.0 TÉCNICA (QW-410)	
Pase ancho o angosto: <u>1er pase angosto, 2 do pase ancho</u>	Orificio o tamaño de protección gaseosa: <u>---</u>
Limpieza inicial y entre pasadas (escobillado, esmerilado, etc.): <u>Escobillado y/o Esmerilado</u>	
Método de limpieza de raíz: <u>Esmerilado</u>	
Oscilación: <u>Como sea requerida</u>	Distancia de boquilla a pieza de trabajo: <u>3 a 5 mm</u>
Pase múltiple o simple: <u>Múltiple</u>	Electrodo simple o múltiple: <u>Simple</u>
Espaciado electrodo: <u>---</u>	Martilleo: <u>---</u>
Otro: <u>Heat input Maximo 16.56 KJ/cm</u>	

11.0 PROCEDIMIENTO DE SOLDEO									
Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente - Tipo & Polaridad	Amp. (A)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/min)	Calor aportado (KJ/cm)	Otro
		Clase	Diám.						
1	GTAW	ER 316L	2.5mm	DCSP	70-85	9 - 12	50 - 70	5.4 -12.24 KJ/cm	
2	GTAW	ER 316L	2.5mm	DCSP	80-110	9 - 12	50 - 70	6.17 -15.84 KJ/cm	
3	GTAW	ER 316L	2.5mm	DCSP	85-115	9 - 12	50 - 70	6.55 -16.56 KJ/cm	
4	GTAW	ER 316L	2.5mm	DCSP	85-115	9 - 12	50 - 70	6.55 -16.56 KJ/cm	

12.0 NOTAS / COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

13.0 APROBACIÓN	Inspector de Soldadura SSK	Control de Calidad SSK
Nombres y Apellidos		
Fecha		
Firma	 Wagner Vidal Mejia Falcon CWI 11071661 QC1 EXP. 7/1/2020	 LEONEL RIOS JEFE DE CALIDAD

		REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-01.111.04																									
ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN				Hoja	1 de 2																								
REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) <small>(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)</small>				Revisión	0																								
				Fecha	15/05/16																								
1.0 IDENTIFICACIÓN			PQR N°:	PQR/P8-P8/01																									
Nombre de la compañía: SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC			Rev.: 1	Fecha: 24/07/18																									
Proceso(s) de soldadura: GTAW			Autorizado por: Ing. Wagner Mejía Falcon																										
Tipo: <input checked="" type="checkbox"/> Manual <input type="checkbox"/> Automático <input type="checkbox"/> Maquina <input type="checkbox"/> Semi-automático																													
2.0 JUNTA (QW-402)																													
T = 6.02 mm $\alpha = 30^\circ \pm 2.5^\circ$ S1 = S2 = N.A R = 3 mm f = 0 mm																													
Para calificaciones combinadas, el espesor de metal de soldadura depositado debe ser registrado para cada metal de aporte y proceso usado.																													
3.0 METAL BASE (QW-403)			7.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)																										
Especificación material: ASTM A312			Temperatura: NO APLICA																										
Tipo/grado, o número UNS: TP 316/316L			Tiempo: ---																										
P - N° 8 Grupo N° 1 a P - N° 8 Grupo N° 1			Otro: ---																										
Espesor cupón de prueba: 6.02 mm																													
Diámetro cupón de prueba: Ø 114.3 mm [4"]																													
Espesor por pase máx. $\leq \frac{1}{2}$ in. (13 mm): <input checked="" type="checkbox"/> Si <input type="checkbox"/> No																													
Otro: -----																													
4.0 METAL DE APORTE (QW-404)			8.0 GAS (QW-408)																										
Especificación SFA: SFA 5.9			<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="4" style="text-align: center;">Composición Porcentual</th> </tr> <tr> <th></th> <th style="text-align: center;">Gas(es)</th> <th style="text-align: center;">Mezcla (%)</th> <th style="text-align: center;">Flujo (CFH)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Protección</td> <td style="text-align: center;">Ar</td> <td style="text-align: center;">99%</td> <td style="text-align: center;">20 - 30</td> </tr> <tr> <td>Arrastre</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> </tr> <tr> <td>Respaldo</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> <td style="text-align: center;">99%</td> <td style="text-align: center;">10 - 15</td> </tr> <tr> <td>Otro</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> <td style="text-align: center;">N.A</td> </tr> </tbody> </table>			Composición Porcentual					Gas(es)	Mezcla (%)	Flujo (CFH)	Protección	Ar	99%	20 - 30	Arrastre	N.A	N.A	N.A	Respaldo	N.A	99%	10 - 15	Otro	N.A	N.A	N.A
Composición Porcentual																													
	Gas(es)	Mezcla (%)				Flujo (CFH)																							
Protección	Ar	99%				20 - 30																							
Arrastre	N.A	N.A	N.A																										
Respaldo	N.A	99%	10 - 15																										
Otro	N.A	N.A	N.A																										
Clasificación AWS: ER316L																													
Metal de aporte F - No.: 6																													
Análisis de metal depositado A - No.: 8																													
Tamaño de metal de aporte: 2.5 mm			9.0 CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)																										
Forma producto metal de aporte: Varilla Sólida			Corriente: DC (Corriente Continua)																										
Metal de aporte suplementario: N.A			Polaridad: DCSP (Corriente Continua Polaridad Directa)																										
Espesor metal de aporte depositado: 6.02 mm			Amperaje: Ver tabla Item 11.0																										
Fundente electrodo (clasificación): N.A			Voltaje: Ver Tabla Item 11.0																										
Tipo de fundente: N.A			Tamaño electrodo de tungsteno: 2.4 mm (EWTh-2)																										
Fundente nombre comercial: N.A			Modo de transferencia en GMAW (FCAW): N.A																										
Inserto consumible: N.A			Aporte de calor:																										
			Otro:																										
5.0 POSICION (QW-405)			10.0 TECNICA (QW-410)																										
Posición(es): 6G			Velocidad de Avance: 50 - 70 mm/min																										
Progresión: <input checked="" type="checkbox"/> Ascendente <input type="checkbox"/> Descendente			Pasada ancha o angosta: Angosto (Raiz); ancho (acabado)																										
6.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)			Oscilación: Oscilando (en Zig Zag)																										
Temp. de precalentamiento: 15°C Min.			Pase simple o múltiple (por lado): <input type="checkbox"/> Simple <input checked="" type="checkbox"/> Múltiple																										
Temp. entre pases: 245°C Max.			Electrodos simple o múltiple: <input checked="" type="checkbox"/> Simple <input type="checkbox"/> Múltiple																										

	REGISTRO		02070-GEN-QUA-SSK-01.111.04		
	ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN			Hoja	2 de 2
	REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR) (Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)			Revisión	0
			Fecha	15/05/16	

PQR N°: **PQR/P8-P8/01**

11.0 PROCESO DE SOLDEO

Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente - Tipo & Polaridad	Amperaje (rango)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/min)	Calor aportado (KJ/cm)	Otro
		Clase	Diámetro						
1	GTAW	ER316L	2.5 mm	DCSP	70-85	9 - 12	50 - 70	5.4 -12.24	
2	GTAW	ER316L	2.5 mm	DCSP	80-110	9 - 12	50 - 70	6.17 -15.84	
3	GTAW	ER316L	2.5 mm	DCSP	85-115	9 - 12	50 - 70	6.55 -16.56	
4	GTAW	ER316L	2.5 mm	DCSP	85-115	9 - 12	50 - 70	6.55 -16.56	

12.0 PRUEBAS DE TENSION (QW-150)

Heat Input máximo 16.56 KJ/cm

Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm ²)	Carga (fuerza) de Rotura (KN)	Resistencia máx. (Mpa o psi)	Resistencia especificada mín. (Mpa o psi), según tabla QW/QB-422	Tipo de falla y ubicación	Resultado
Espécimen T1	13.55	6.62	89.7	54.3	606	515 Mpa	Rotura en el metal base	Conforme
Espécimen T2	13.24	6.21	82.2	50.0	609	515 Mpa	Rotura en el metal base	Conforme

Prueba conducida por: Analista 10

N° Reporte: MAT-OCT-1257-1/2016

Fecha: 28/10/2016

Lugar: Laboratorio de Materiales - PUCP

13.0 ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO (QW-160)

Espécimen	Tipo	Resultado	Espécimen	Tipo	Resultado
DC-1	Doble de Cara	CONFORME	DR-1	Doble de Raíz	CONFORME
DC-2	Doble de Cara	CONFORME	DR-2	Doble de Raíz	CONFORME

Prueba conducida por: Analista 10

N° Reporte: MAT-OCT-1257-2/2016

Fecha: 31/10/2016

Lugar: Laboratorio de Materiales - PUCP

14.0 PRUEBAS DE TENACIDAD (QW-170):

Espécimen	Localización de Entalla	Tamaño Espécimen	Temperatura de Ensayo	Valores de impacto			Drop Weight Break (Y/N)	Resultado
				Ft-lb o J	% Corte	Mils (in.) o mm		
----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----	----

Prueba conducida por:

N° Reporte:

Fecha:

Lugar:

15.0 PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE (QW-180)

Result. Satisfactorio: SI ☐ NO ☐ Penetración en metal base: SI ☐ NO ☐

Result. De macro-ataque:

Prueba conducida por: ----

N° Reporte: ----

Fecha: ----

Lugar: ----

16.0 OTRAS PRUEBAS

Tipo de Ensayo: Medición de Contenido de Ferrita (FN) WM : A312 TP 316/316L Registro N°: FE-WS-S-00001 Fecha: 20/10/16
Identificación Positiva de Materiales (PMI) Registro N°: PMI-WS-S-00001 Fecha: 19/10/16

Otro: Análisis Macrográfico (N° Reporte: MAT-OCT-1257-3/2016 Fecha: 31/10/2016) ; Resultado: Aceptable

Medición de Contenido de Ferrita (FN) WM : A312 TP 304/304L Registro N°: FE-FW-S-00002
Certificado de Calidad aporte ER 308L diámetro 2.5mm Lote de Producción: 03-03-2016E50107-01
Medición de Contenido de Ferrita (FN) WM : A403 WP 321 Registro N°: FE-FW-S-00008 *Reducido en Soldadura ER-316*
Certificado de Calidad aporte ER 347 diámetro 2.4mm Lote de Producción: 23-02-2016E50092-01
Según GP 18-07-01 Item B.3.3 punto 1

17.0 DATOS DEL SOLDADOR

Nombre: **Edilberto Lopez Santacruz**



DNI: **43105558**

Estampa No. **W204**

Supervisión efectuada por: WAGNER MEJIA FALCON

18.0 OBSERVACIONES:

Los abajo firmantes damos fe que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparados, soldados y ensayados de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del código ASME 2015.

19.0 APROBACIÓN	Inspector de Soldadura SSK	Control de Calidad SSK
Nombre y Apellidos	 Wagner Vidal Mejia Falcon CWI 11071661 QC1 EXP. 7/1/2020	 LEONEL RIOS JEFE DE CALIDAD
Fecha		
Firma		

 <p>PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ</p>	<p>LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales</p> <p>LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL – DA CON REGISTRO N°LE-027</p>	 <p>INACAL Perú Organismo de Evaluación y Acreditación</p> <p>Registro N°LE-027</p>
<p>CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025</p>		

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-OCT-1257-1/2016

Número de Páginas : 3

Solicitado por : SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.

Dirección : Av. Amador Merino Reyna 281 – San Isidro.

Fecha de Emisión : 2016.10.31.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- Tipo de Ensayo : Tracción
- Norma de Ensayo : ASTM A370-15.
- Fecha de Ejecución : 2016.10.28.

2. CONDICIONES AMBIENTALES

- Lugar de Ensayo : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- Temperatura : Temperatura Ambiente (22,6°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

1 de 3

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-15392

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP.



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1257-1/2016

ENSAYO DE TRACCIÓN

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

Número Total de Páginas: 3

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 10.
MUESTRA : Probetas soldadas de acero.
FECHA DE EJECUCIÓN : 2016.10.28.

RESULTADOS:

MUESTRA		T1	T2
SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b)	ANCHO (mm)	13,55	13,24
	ESPESOR (mm)	6,62	6,21
	ÁREA (mm ²)	89,7	82,2
CARGAS (kN)	MÁXIMA	54,3	50,0
ESFUERZOS (MPa)	MÁXIMA	606	609

Incertidumbres (factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%)

• Esfuerzo máximo (MPa)

± 1,4

± 1,4

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras: Sección reducida normalizada.
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Norma de Soldadura: Boiler and Pressure Vessel ASME IX - 2015.
- PQR N°: P8-P8/01.
- Las muestras ensayadas rompieron en el metal base.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-14911

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

2 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales - PUCP



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

LABORATORIO DE MATERIALES CITE materiales



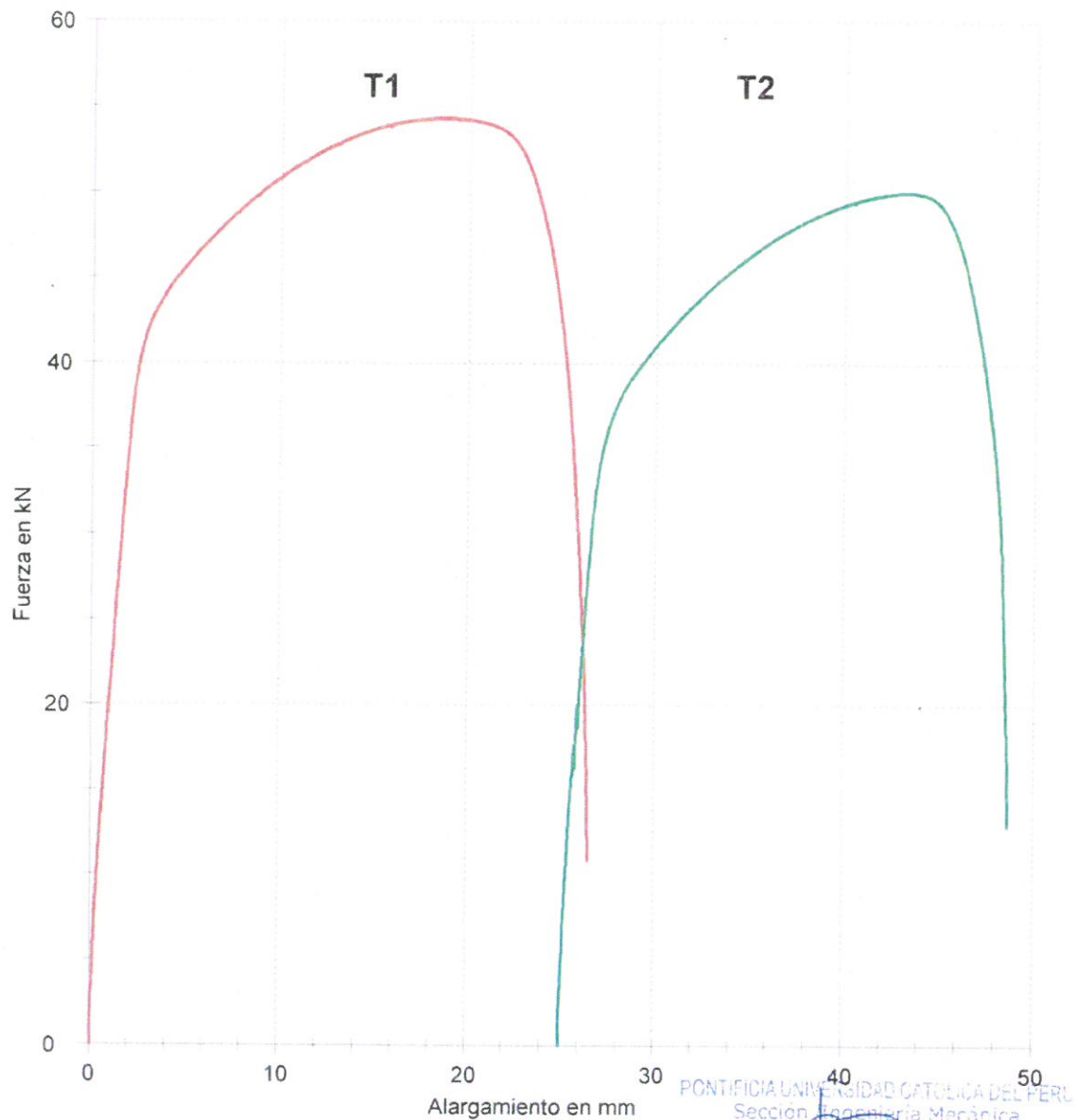
CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

28.10.16

Zwick / Roell

MAT-OCT-1257-1/2016

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



3 de 3

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSC. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales – PUCP



LABORATORIO DE MATERIALES

CITE materiales

Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-OCT-1257-2/2016

ENSAYO DE DOBLADO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION S.A.C.
DIRECCIÓN : Av. Amador Merino Reyna 281 – San Isidro.
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 10.
MUESTRA : Probetas soldadas de acero.
FECHA DE EMISIÓN : 2016.10.31.

RESULTADOS:

MUESTRA	ÁNGULO DE DOBLADO	PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES	OBSERVACIONES
DC 1	180°	---	CONFORME
DC 2	180°	---	CONFORME
DR 1	180°	---	CONFORME
DR 2	180°	---	CONFORME

Fecha de Ejecución: 2016.10.28.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: Visualmente en buen estado.
- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.
- Norma de Ensayo: "Boiler and Pressure Vessel" ASME IX - 2015.
- PQR N°: P8-P8/01.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 22,6 °C.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.



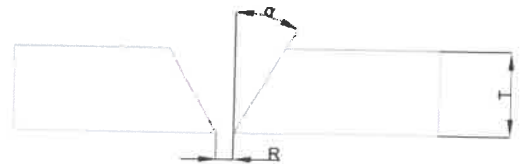
AB-08925

**REGISTRO**02070-GEN-QUA-
SSK-02.111.02

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)Hoja
Revisión 0
Fecha 15/05/16**1.0 IDENTIFICACION**Nombre de la compañía: **SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCION**Proceso(s) de soldadura: **GTAW**Tipo: ☒ Manual ☐ Automático
☐ Maquina ☐ SemiautomáticoRegistro N°: **WPS/P1-P1/01**Rev. N°: **4** Fecha: **07/06/2018**Autorizado por: **ING. WAGNER MEJIA FALCON**PQR SOPORTE N°: **PQR/P1-P1/01****2.0 JUNTA (QW-402)**Diseño de junta: **Junta a Tope en V**Respaldo: Si ☐ No ☒Material de respaldo (Tipo):
☐ Metal ☐ Refractario
☐ No metálico ☐ Otro

Esquema, dibujo de fabricación, símbolos de soldadura o descripción escrita debe mostrar el arreglo general de las partes a ser soldadas. Donde sea aplicable, la apertura de raíz y los detalles de la soldadura deben ser especificados

 $\alpha = 30^\circ$ $R = 3 \text{ mm}$ $f = 0 \text{ mm}$ $T = 3.5 \text{ mm}$ **Detalles de Junta****3.0 METAL BASE (QW-403)**N° P: **1** Grupo N°: **1** a N° P: **1** Grupo N°: **1**Especificación de tipo y grado o número UNS: **ASTM A53 Gr.B**A especificación de tipo y grado o número UNS: **ASTM A53 Gr.B**

o indicar

Análisis químico y propiedades mecánicas: ---

Hasta el análisis químico y propiedades mecánicas: ---

Rango de espesores:

Metal base: Ranura: **1.5 mm – 7.82 mm** **3** Filete: **Todos los espesores** **3**
Espesor por pase máx. $\leq \frac{1}{2}$ in. (13 mm) Si: **3 mm** No: ---Otro: **Diámetro desde 1" hasta ilimitado****4.0 METAL DE APOORTE (QW-404)**

Especificación N° (SFA)	SFA 5.18	---	---
AWS N° (Clase)	ER70S-3	---	---
N° F	6	---	---
N° A	1	---	---
Tamaño de los metales de aporte	3/32"	---	---
Forma producto metal de aporte	VARILLA SOLIDA	---	---
Metal de aporte suplementario	N.A	---	---
Rango de espesor depositado			
Ranura	MAX 7.0 mm	---	---
Filete	---	---	---
Fundente electrodo (clasificación)	---	---	---
Tipo de fundente	---	---	---
Fundente nombre comercial	---	---	---
Inserto consumible	---	---	---
Otro			



REGISTRO

02070-GEN-QUA-
SSK-02.111.02

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

ESPECIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO DE SOLDADURA (WPS)
(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Hoja

Revisión

0

Fecha

15/05/16

Registro N°: WPS/P1-P1/01

5.0 POSICIONES (QW-405)

Posición(es) de ranura Todas

Progresión: Ascendente X Descendente ---

Posición(es) de filete: Todas

Otro:

6.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)

Rango de temperatura: _____

Tiempo: _____

Otro: ---

7.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)

Temp. Precalentamiento Min.: 20° C

Temp. Interpase Max.: Min. 20°C y Max. 150°C

Manten. Precalentamiento: ---

Otro (calentamiento continuo o especial, en caso aplique, debe especificarse): _____

8.0 GAS (QW-408)

Composición Porcentual

Gas(es)	Mezcla (%)	Flujo
Ar	99%	20 CFH
---	---	---
---	---	---
---	---	---

9.0 CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS (QW-409)

Corriente: DC(corriente continua)Polaridad: DCSP(corriente continua Polaridad directa)Amperaje: Ver Tabla 11.0Voltaje: Ver Tabla 11.0

Aporte de Calor (máx.): _____

N.A

Tamaño y tipo de electrodo de tungsteno: _____

3/32" - EWCE-2

Modo de transferencia en GMAW (FCAW): _____

Otro: _____

10.0 TÉCNICA (QW-410)

Pase ancho o angosto: 1er pase angosto, 2 do pase ancho Orificio o tamaño de protección gaseosa: ---Limpieza inicial y entre pasadas (escobillado, esmerilado, etc.): Escobillado y/o EsmeriladoMétodo de limpieza de raíz: EsmeriladoOscilación: Como sea requerida Distancia de boquilla a pieza de trabajo: 3 a 5 mmPase múltiple o simple: Múltiple Electrodo simple o múltiple: SimpleEspaciado electrodo: ---Martilleo: ---Otro: Heat input Maximo 12.75 KJ/cm

Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente - Tipo & Polaridad	Amp. (A)	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/min)	Calor aportado (KJ/cm)	Otro
1	GTAW	ER 70S-3	3/32"	DCSP	75 - 85	9 - 15	60 - 100	4.05 – 12.75	---
2	GTAW	ER 70S-3	3/32"	DCSP	75 - 85	9 - 15	60 - 100	4.05 – 12.75	----

12.0 NOTAS / COMENTARIOS / OBSERVACIONES:

13.0 APROBACIÓN	Inspector de Soldadura SSK	Control de Calidad SSK
Nombres y Apellidos		
Fecha		
Firma	 Wagner Vidal Mejia Falcon CWI 11071661 QC1 EXP. 7/1/2020	 Miguel Valencia Coordinador de Calidad

**REGISTRO**02070-GEN-QUA-
SSK-02.111.04

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

Hoja 1 de 2

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)

Revisión 0

(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

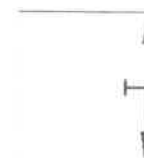
Fecha 15/05/16

1.0 IDENTIFICACIÓN

PQR N°: PQR/P1-P1/01

Nombre de la compañía: **SSK INGENIERIA Y CONSTRUCCIÓN SAC** Rev.: **3** Fecha: **10/02/17**Proceso(s) de soldadura: **GTAW** Autorizado por: **Ing. Wagner Mejía**Tipo: ☒ Manual ☐ Automático ☐ Máquina ☐ Semi-automático

2.0 JUNTA (QW-402)

 $T = 3.5 \text{ mm}$ $\alpha = 30^\circ$ $S1 = S2 = N.A$ $R = 3 \text{ mm}$ $f = 0 \text{ mm}$ 

Para calificaciones combinadas, el espesor de metal de soldadura depositado debe ser registrado para cada metal de aporte y proceso usado.

3.0 METAL BASE (QW-403)

Especificación material: **ASTM A53**Tipo/grado, o número UNS: **Gr B**P - N° **1** Grupo N° **1** a P - N° **1** Grupo N° **1**Espesor cupón de prueba: **3.91 mm**Diámetro cupón de prueba: **Ø ext. 60.33 mm [2.375"]**Espesor por pase máx. $\leq \frac{1}{2}$ in. (13 mm): ☒ Sí ☐ NoOtro: *********

7.0 TRATAMIENTO TERMICO POST-SOLDADURA (QW-407)

Temperatura: **NO APLICA**Tiempo: **---**Otro: **---**

4.0 METAL DE APOORTE (QW-404)

Especificación SFA: **SFA 5.18**Clasificación AWS: **ER70S-3**Metal de aporte F - No.: **6**Análisis de metal depositado A - No.: **1**Tamaño de metal de aporte: **3/32"**Forma producto metal de aporte: **Varilla Sólida**Metal de aporte suplementario: **N.A**Espesor metal de aporte depositado: **3.5 mm**Fundente electrodo (clasificación): **N.A**Tipo de fundente: **N.A**Fundente nombre comercial: **N.A**Inserto consumible: **N.A**

8.0 GAS (QW-408)

Composición Porcentual

	Gas(es)	Mezcla (%)	Flujo (CFH)
Protección	Ar	99%	20
Arrastre	N.A	N.A	N.A
Respaldo	N.A	N.A	N.A
Otro	N.A	N.A	N.A

9.0 CARACTERISTICAS ELECTRICAS (QW-409)

Corriente: **DC(Corriente continua)**Polaridad: **DCSP (Corriente Continua Polaridad directa)**Amperaje: **Ver tabla 11.0**Voltaje: **Ver Tabla 11.0**Tamaño electrodo de tungsteno: **3/32" (EWCe-2)**Modo de transferencia en GMAW (FCAW): **N.A**

Aporte de calor:

Otro:

5.0 POSICION (QW-405)

Posición(es): **6G**Progresión: ☒ Ascendente ☐ Descendente

6.0 PRECALENTAMIENTO (QW-406)

Temp. de precalentamiento: **Temp. Ambiente (20°C)**Temp. entre pases: **Min. 20°C y Max. 150°C**

10.0 TECNICA (QW-410)

Velocidad de Avance: **6 - 100 mm/min**Pasada ancha o angosta: **Angosto (Raiz); ancho (acabado)**Oscilación: **Oscilando (buceando)**Pase simple o múltiple (por lado): ☐ Simple ☒ MúltipleElectrodos simple o múltiple: ☒ Simple ☐ Múltiple



REGISTRO

02070-GEN-QUA-SSK-02.111.04

ACTIVIDAD DE LA CONSTRUCCIÓN

REGISTRO DE CALIFICACIÓN DE PROCEDIMIENTO (PQR)

(Ver QW-200.1, Sección IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

Hoja 2 de 2

Revisión 0

Fecha 15/05/16

PQR N°: PQR/P1-P1/01

11.0 PROCESO DE SOLDEO

Pases de soldadura	Proceso	Metal de aporte		Corriente - Tipo & Polaridad	Amperaje (A) rango	Voltaje (V)	Velocidad de avance (mm/min)	Calor aportado (KJ/cm)	Otro
		Clase	Diámetro						
1	GTAW	ER70S-3	3/32"	DCSP	75-85	9 - 15	60-100	4.05 - 12.75	
2	GTAW	ER70S-3	3/32"	DCSP	75-85	10 - 16	60-100	4.5 - 13.6	

Heat input máximo 13.6 KJ/cm

12.0 PRUEBAS DE TENSION (QW-150)

Espécimen No.	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Área (mm²)	Carga (fuerza) de Rotura (KN)	Resistencia máx. (Mpa o psi)	Resistencia especificada min. (Mpa o psi), según tabla QW/QB-422	Tipo de falla y ubicación	Resultado
Espécimen T1	19.24	3.50	67.3	34.4	511	415 Mpa	Rotura en el metal base	Conforme
Espécimen T2	19.26	3.46	66.6	35.1	527	415 Mpa	Rotura en el metal base	Conforme

Prueba conducida por: Analista 02

N° Reporte: MAT-JUN-0839-1/2016

Fecha: 12/07/2016

Lugar: Laboratorio de Materiales - PUCP

13.0 ENSAYOS DE DOBLEZ GUIADO (QW-160)

Espécimen	Tipo	Resultado	Espécimen	Tipo	Resultado
DC-1	Doble de Cara	CONFORME	DR-1	Doble de Raiz	CONFORME
DC-2	Doble de Cara	CONFORME	DR-2	Doble de Raiz	CONFORME

Prueba conducida por: Analista 02

N° Reporte: MAT-JUN-0839-3/2016

Fecha: 13/07/2016

Lugar: Laboratorio de Materiales - PUCP

14.0 PRUEBAS DE TENACIDAD (QW-170):

Espécimen	Localización de Entalla	Tamaño Espécimen	Temperatura de Ensayo	Valores de Impacto			Drop Weight Break (Y/N)	Resultado
				Ft-lb o J	% Corte	Mils (in.) o mm		

Prueba conducida por:

N° Reporte:

Fecha:

Lugar:

15.0 PRUEBA EN SOLDADURA DE FILETE (QW-180)

Result. Satisfactorio:

SI ☐NO ☐

Penetración en metal base:

SI ☐N ☐O ☐

Result. De macro-ataque:

Prueba conducida por:

N° Reporte: ---

Fecha: ---

Lugar: ---

16.0 OTRAS PRUEBAS

Tipo de Ensayo: Dureza Vickers / (N° Reporte :MAT-JUN-0839-2/2016 Fecha:11/07/2016)

Resultados: Aceptable

Otro: Análisis Macrografía (N° Reporte :MAT-JUN-0839-4/2016 Fecha:13/07/2016); Resultado :Aceptable

17.0 DATOS DEL SOLDADOR

Nombre: Edilberto Lopez Santacruz

DNI:

43105558

Estampa No.

W204

Supervisión efectuada por: WAGNER MEJIA FALCON

18.0 OBSERVACIONES:

Los abajo firmantes damos fe que los datos en este registro son correctos y que las probetas fueron preparados, soldados y ensayados de acuerdo con los requerimientos de la Sección IX del código ASME 2015.

19.0 APROBACIÓN

Inspector de Soldadura SSK

Control de Calidad SSK

Nombre y Apellidos

Fecha

Firma

Edilberto Lopez Santacruz
CWI 15015821
QC1 EXP 1/1/2018Wagner Videl Mejia Falcon
CWI 11071661
QC1 EXP 7/1/2017



PUCP

LABORATORIO DE MATERIALES
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE
ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N°LE-027



CON SISTEMA DE GESTIÓN ISO/IEC 17025

INFORME DE ENSAYO

Informe N° : MAT-JUN-0839-1/2016

Número de Páginas : 5

Solicitado por : SSK INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C

Dirección : Calle Amador Merino Reyna N° 281 – San Isidro

Fecha de Emisión : 2016 07 13.

1. CONDICIONES DE ENSAYO

- Tipo de Ensayo : Tracción
- Norma de Ensayo : ASTM A370-14
- Fecha de Ejecución : 2016.07 12

2. CONDICIONES AMBIENTALES

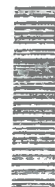
- Lugar de Ensayo : Laboratorio de Materiales (PUCP).
- Temperatura : Temperatura Ambiente (21,0°C)

3. OBSERVACIONES

- Las muestras ensayadas fueron proporcionadas por el solicitante.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS CALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AA 89265

Prohibe la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales PUCP.

Av. Universitaria 1801 - San Miguel
Lima Perú
<http://w.pucp.edu.pe>

Apartado Postal
N° 1761 Lima 100 – Perú
labmat@pucp.edu.pe

Teléfono :
(511) 626 7000
Anexo 4842

Telefax :
(511) 626 2855

MAT-JUN-0839-1/2016

ENSAYO DE TRACCIÓN

INFORME DE LABORATORIO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales - Analista 02.
MUESTRA : Probetas de tubería de acero de 2"
FECHA DE EJECUCIÓN : 2016.07.12.

RESULTADOS:

MUESTRA		T1	T2
SECCIÓN TRANSVERSAL (a x b)	ANCHO (mm)	19.24	19.26
	ESPESOR (mm)	3.50	3.46
	ÁREA (mm ²)	67.3	66.6
CARGAS (kN)	MÁXIMA	34.4	35.1
ESFUERZOS (MPa)	MÁXIMA	511	527

Incertidumbres (factor de cobertura K=2 para un nivel de confianza de 95%)

• Esfuerzo máximo (MPa)

± 0.8

± 0.8

OBSERVACIONES:

- Condición de las muestras. Visualmente en buen estado
- Las muestras ensayadas fueron extraídas de la muestra proporcionada por el solicitante
- Norma de Soldadura. ASME IX - 2015
- Las probetas rompieron en el metal de base.

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL PERU
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANIBAL ROZAS GALLEGOS CIP 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AA - 96492

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales

Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

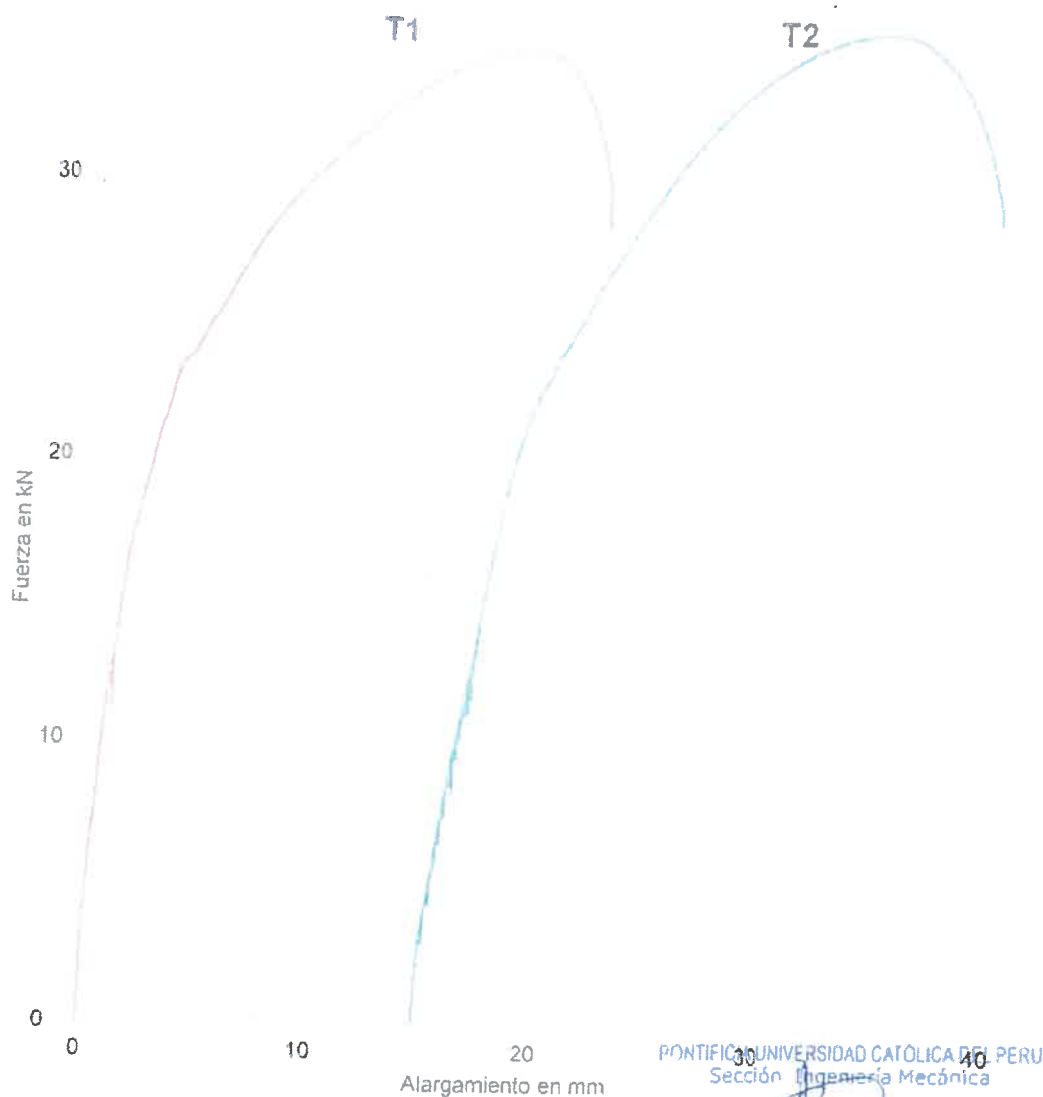
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales PUCP

13.07.16

Zwick / Roell

MAT-JUN-0839-1/2016

CURVA FUERZA - ALARGAMIENTO



AA 96286

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSc. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP. 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales

Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales PUCP

LABORATORIO DE MATERIALES

CITE materiales

Departamento de Ingeniería
Sección Ingeniería Mecánica



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DEL PERÚ

CON SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD SEGÚN NTP ISO/IEC 17025

MAT-JUN-0839-3/2016

ENSAYO DE DOBLADO

MAT-Lab-4.04 Rev.6

INFORME DE LABORATORIO

SOLICITADO POR : SSK INGENIERÍA Y CONSTRUCCIÓN S.A.C.
DIRECCIÓN : Calle Amador Merino Reyna N° 281 – San Isidro
REALIZADO POR : Laboratorio de Materiales – Analista 02.
MUESTRA : Probetas de tubo de acero de 2".
FECHA DE EMISIÓN : 2016.07.13.

RESULTADOS:

MUESTRA	ÁNGULO DE DOBLADO	PRESENCIA DE DISCONTINUIDADES	OBSERVACIONES
DC-1	180°	---	CONFORME
DC-2	180°	---	CONFORME
DR-1	180°	---	CONFORME
DR-2	180°	---	CONFORME

Fecha de Ejecución: 2016.07.12.

OBSERVACIONES:

- Condición de la muestra: Visualmente en buen estado.
- Las muestras ensayadas fueron extraídas de la muestra proporcionada por el solicitante.
- Norma de Ensayo: ASME IX - 2015.
- Temperatura ambiente durante el ensayo: 21,0°C

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
Sección Ingeniería Mecánica

MSC. ANÍBAL ROZAS GALLEGOS CIP 123020
Jefe de Laboratorio de Materiales



AB-07307

Los resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas.
Prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del Laboratorio de Materiales.
Los resultados no pueden ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.